



**isec**  
**Engenharia**

MESTRADO EM ENGENHARIA  
ELETROTÉCNICA

**Impactos do Incremento da Eficiência  
Energética no Setor dos Edifícios**

DEFINITIVO

Autor

**Tiago José Catarino Rocha**

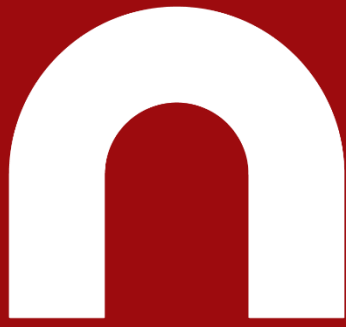
Orientador

**Doutora Dulce Helena de Carvalho Coelho**

INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, janeiro 2021



# isec

## Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ELETROTÉCNICA

### **Impactos do Incremento da Eficiência Energética no Setor dos Edifícios**

Relatório de Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de  
Energia

Autor

**Tiago José Catarino Rocha**

Orientador

**Doutora Dulce Helena de Carvalho Coelho**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Doutora Dulce Helena de Carvalho Coelho, por todo o apoio e conhecimento transmitido, pela orientação e por toda a sua disponibilidade demonstrada durante todo o projeto.

À minha família, pela confiança e apoio demonstrado ao longo do meu percurso académico, sem eles nunca teria sido possível.

À Ana, por toda a paciência, preocupação, motivação e apoio incondicional. A tua presença torna tudo mais fácil.

A todos os meus colegas de curso, agradeço a amizade e solidariedade ao longo dos anos. Agradecer também aos Docentes e não Docentes do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do ISEC, pela paciência e partilha de conhecimento.

Por fim, agradecer também aos meus colegas de casa pelo companheirismo, cumplicidade e amizade. Tornaram, sem dúvida, o percurso académico mais fácil.

---

Este trabalho teve apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) via COMPETE – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI), no âmbito dos projetos T4ENERTEC (POCI-01-0145-FEDER-029820) e UID/MULTI/00308/2013.

This work has been supported by the European Regional Development Fund through the COMPETE 2020 Program and FCT, under projects UID/MULTI/00308/2013, and "T4ENERTEC" POCI-01-0145-FEDER-029820

## RESUMO

O setor residencial em Portugal é caracterizado por uma elevada percentagem do consumo de energia final, consequência do baixo nível de eficiência energética associada ao parque habitacional. Nesse sentido, as políticas energéticas que promovem a eficiência energética no setor residencial, constituem uma ferramenta importante no combate às alterações climáticas, contribuindo, assim, para um futuro sustentável e ecológico.

Este trabalho teve como principal objetivo a avaliação dos impactos económicos, energéticos e ambientais do incremento da eficiência energética no setor residencial, para o Concelho de Coimbra. Como suporte desta análise, primeiramente realizou-se um inquérito online destinado aos consumidores do setor residencial, a fim de analisar as perceções e as disposições em investimentos que melhorem a eficiência energética da sua habitação. Seguidamente, foram analisadas diversas medidas de eficiência energética do setor residencial de variados estudos, tendo como objetivo simular as várias áreas que influenciam a eficiência energética de uma habitação. Os resultados obtidos a partir da análise do inquérito e a caracterização do parque habitacional do concelho de Coimbra, juntamente com a avaliação de medidas de eficiência energética, permitiram a avaliação dos impactos da integração de medidas de eficiência energética no setor residencial, para diferentes cenários definidos.

**Palavras-Chave:** Eficiência energética; Setor residencial; Sistema de Certificação Energética dos Edifícios; Políticas energéticas.

**ABSTRACT**

The residential sector in Portugal is characterized by a high percentage of final energy consumption, due to the low level of energy efficiency associated with the housing stock. In this sense, energy policies promoting energy efficiency in the residential sector are an important tool to fight against climate change, thus contributing to a sustainable and ecological future.

This study aims to evaluate the economic, energy and environmental impacts of the improvement of energy efficiency in the residential sector, in an urban context. As a support to this evaluation, an online survey was carried out for consumers in the residential sector in the Municipality of Coimbra, in order to analyse the perceptions and dispositions to invest in energy efficiency measures to be implemented in their households. Then, several energy efficiency measures for the residential sector were analysed from previous studies, aiming to simulate the different areas that influence the energy efficiency of a dwelling. The results obtained from the survey and from the characterization of the housing stock in the Municipality of Coimbra, together with the energy efficiency measures assessment, allowed the evaluation of the impacts of the integration of energy efficiency measures in the residential sector, according different scenarios defined.

**Keywords:** Energy Efficiency; Residential Sector; Building Energy Certification System; Energy Policies.

# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABELAS .....	viii
ABREVIATURAS .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos Propostos.....	2
1.2. Estrutura do Relatório .....	2
2. CONSUMO ENERGÉTICO E POLÍTICA ENERGÉTICA EM PORTUGAL.....	5
2.1. Caracterização do consumo energético em Portugal.....	5
2.2. Política energética de Portugal.....	6
2.2.1. PNAEE e PNAER .....	7
2.2.2. ECO.AP.....	9
2.2.3. PNEC 2030.....	10
2.3. Enquadramento legislativo do setor residencial - SCE.....	11
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR RESIDENCIAL .....	15
3.1. Comportamento térmico.....	15
3.1.1. Localização.....	15
3.1.2. Orientação solar.....	16
3.1.3. Isolamento térmico da envolvente.....	17
3.2. Etiqueta energética .....	20
3.3. Águas Quentes Sanitárias - AQS .....	21
3.4. Climatização.....	22
3.5. Ventilação.....	23
4. INQUÉRITO “EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL” .....	25
4.1. Casos de estudo .....	25
4.2. Metodologia do inquérito .....	27
4.3. Perfil dos inquiridos .....	27
4.4. Disponibilidade para investir no incremento da eficiência energética residencial	32
5. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO INCREMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL NO CONCELHO DE COIMBRA – CASO DE ESTUDO.....	39
5.1. Caracterização do edificado e do consumo elétrico do concelho de Coimbra.....	39
5.2. Avaliação de medidas de eficiência energética.....	40
5.3. Agrupamento das medidas selecionadas de acordo com investimento.....	42
5.4. Avaliação do impacto da integração das medidas de eficiência energética no setor residencial.....	43
5.4.1. Cenário Pessimista .....	44
5.4.2. Cenário Realista .....	45
5.4.3. Cenário Otimista .....	46

---

5.5. Análise de resultados.....	47
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....	51
REFERÊNCIAS .....	55
ANEXO .....	59
ANEXO A – Questionário Enviado .....	60

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1- Zonas climáticas de inverno (I) e Verão (V) no continente (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, 2013).....	16
Figura 3.2 - Etiqueta energética de equipamentos de refrigeração (ADENE, 2017a).....	21
Figura 4.1 - Faixa etária dos inquiridos.....	28
Figura 4.2 - Habilitações académicas dos inquiridos. ....	28
Figura 4.3 - Caracterização do agregado familiar. ....	29
Figura 4.4 - Caracterização do rendimento do agregado familiar. ....	29
Figura 4.5 – Perfil dos inquiridos acerca de comportamentos energeticamente eficientes. ....	30
Figura 4.6 - Caracterização das residências a nível de isolamento, equipamentos e fontes de energia. ....	31
Figura 4.7 - Caracterização da fatura energética mensal do agregado familiar. ....	32
Figura 4.8 - Caracterização do investimento ponderado pelos inquiridos. ....	32
Figura 4.9 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir 500 €. ....	33
Figura 4.10 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir 1000 €. ....	34
Figura 4.11 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir 2000 €. ....	34
Figura 4.12 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir 4000 €. ....	35
Figura 4.13 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir mais de 4000 €. ....	35
Figura 4.14 - Caracterização dos inquiridos que não tencionam investir.....	36
Figura 5.1 - Freguesias do concelho de Coimbra. ....	39

---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Consumo de energia final por setor 2016. ....	6
Tabela 2.2 - Consumo setor doméstico por fonte energética 2016. ....	6
Tabela 2.3 - Áreas e programas do PNAEE 2016. ....	8
Tabela 2.4 - Áreas e programas do PNAER 2020. ....	9
Tabela 2.5 - Rácio de necessidades energéticas totais por classe energética. ....	13
Tabela 3.1 – Densidade e condutibilidade térmica de isolantes térmicos. ....	18
Tabela 3.2 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados para edifícios de habitação novos. ....	19
Tabela 3.3 – Coeficiente de transmissão térmica de diferentes tipologias de vão envidraçado. ....	20
Tabela 3.4 – Classes energéticas ou rendimento nominal mínimo de diferentes tipos de tecnologia de climatização definidos no SCE. ....	23
Tabela 5.1 - Consumidores elétricos e respetivo consumo no concelho de Coimbra em 2017. ....	40
Tabela 5.2 - Medidas de eficiência energética selecionadas. ....	41
Tabela 5.3 - Indicadores de avaliação das medidas energéticas. ....	42
Tabela 5.4 – Agrupamento das medidas selecionadas de acordo com investimento. ....	43
Tabela 5.5 - Indicadores de avaliação para o cenário pessimista. ....	45
Tabela 5.6 - Indicadores de avaliação para o cenário realista. ....	46
Tabela 5.7 - Indicadores de avaliação para o cenário otimista. ....	47
Tabela 5.8 - Investimento total por cenário. ....	48
Tabela 5.9 - Redução de emissão de CO <sub>2</sub> por cenário. ....	48
Tabela 5.10 - Redução de consumo de energia por cenário. ....	48

**ABREVIATURAS**

AQS	Águas Quentes Sanitárias
ADENE	Agência para a Energia
CE	Comissão Europeia
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
ECO.AP	Eficiência Energética para a Administração Pública
EPS	Poliestireno expandido
ESE	Empresas de Serviços de Energia
EU	<i>European Union</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LULUCF	<i>Land-Use, Land-Use Change and Forestry</i>
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins estatísticos
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PNEC	Plano Nacional Energia e Clima
PUR	Poliuretano
PVC	Policloreto de vinilo
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RQSECE	Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
XPS	Poliestireno extrudido



## 1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos e a industrialização a nível mundial verificados ao longo das últimas décadas, são caracterizados pelo constante aumento do consumo de energia primária, sobretudo de fontes de energia não renovável como o petróleo, carvão e o gás natural. A utilização massiva e descontrolada desse tipo de fontes de energia, tem como resultado o esgotamento dessas matérias num curto espaço de tempo e a libertação de gases de efeito de estufa em valores incontroláveis para a atmosfera, gerando preocupações com o desenvolvimento de gerações futuras. Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável é caracterizado pelo equilíbrio da prosperidade económica, social e ecológica. Contudo, a atividade humana traduzida numa constante evolução tecnológica, a competitividade descontrolada e a sociedade materialista têm como consequência o desequilíbrio do desenvolvimento sustentável, resultando num dos maiores problemas que o planeta enfrenta, as alterações climáticas. Desse modo, a adoção de políticas energéticas que visem diminuir a emissão de gases com efeito de estufa, reduzir o consumo de energia e combater a ineficiência energética são urgentes, de modo a não comprometer o desenvolvimento de gerações futuras.

O Protocolo de Quioto em 1997 foi o primeiro tratado jurídico internacional que visou limitar a emissão de gases de efeito de estufa, dando início a um longo historial de programas energéticos. Atualmente a generalidade dos países desenvolvidos manifestam preocupações nesse sentido e vários programas ambientais com diversas metas temporais, têm sido elaborados como parte da política energética.

O setor residencial como parte da política energética nacional, é abordado com objetivos exigentes de modo incrementar a eficiência energética dos edifícios. O Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) é um instrumento que define os parâmetros das várias áreas que influenciam o desempenho energético dos edifícios, cujo critérios devem ser correspondidos. Os objetivos do SCE são o edificado português consumir menos energia, emitir menos gases com efeito de estufa, produzir mais energia renovável e melhorar as condições de conforto e de saúde dos ocupantes (ADENE, 2020a).

## **1.1. Objetivos Propostos**

O presente projeto teve como principal objetivo a avaliação dos impactos do incremento da eficiência energética no setor residencial, para o Concelho de Coimbra.

O estudo envolveu o levantamento das políticas, programas e ações nacionais desenvolvidas no âmbito da eficiência energética no setor dos edifícios e a análise das metas previstas. Da mesma forma, a revisão de estudos de casos práticos nacionais e europeus realizados no contexto da reabilitação dos edifícios.

A avaliação dos impactos do incremento da eficiência energética consistiu na análise de fatores económicos, energéticos, ambientais e sociais, suportados em medidas de eficiência energética e no inquérito realizado junto dos consumidores. O inquérito permitiu avaliar e analisar as perceções e disposições em investir em eficiência energética nos edifícios, introduzindo vários cenários de integração de medidas de eficiência energética.

## **1.2. Estrutura do Relatório**

Este trabalho está dividido em seis capítulos. Neste primeiro capítulo, “Introdução” é feito um enquadramento temático como parte da introdução, a definição de objetivos e a estruturação do trabalho.

O segundo capítulo, “Consumo energético e política energética em Portugal”, consiste na análise consumo energético nacional, com ênfase no setor residencial. Seguidamente são analisadas as políticas energéticas nacionais, atuais e futuras, e por fim, a legislação aplicável ao Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE).

Seguidamente, no terceiro capítulo, é realizado um levantamento do estado da arte sobre o tema “Eficiência energética no setor residencial”, analisando as especificidades de elementos que alteram a eficiência energética das residências.

No quarto capítulo é apresentado o inquérito “Eficiência energética residencial” e realizada a análise estatística obtida da amostra.

No quinto capítulo, “Avaliação do impacto do incremento da eficiência energética residencial no Concelho de Coimbra – Caso de estudo”, primeiramente é realizada a caracterização do concelho de Coimbra, nomeadamente o parque edificado, os consumidores e consumos energéticos. Posteriormente, foram idealizadas medidas de eficiência energética e realizada a avaliação do impacto individual em indicadores de investimento monetário, redução

consumo energético e emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Seguidamente foram analisados os dados obtidos no inquérito, juntamente com os indicadores das medidas idealizadas e a estatística do concelho de Coimbra. Os resultados consistem na análise dos impactos económicos, energéticos e ambientais com a variação da taxa de integração por parte da população.

Por último, no sexto capítulo apresentam-se as conclusões obtidas no trabalho realizado, sendo também indicadas propostas de trabalhos futuros.



---

## 2. CONSUMO ENERGÉTICO E POLÍTICA ENERGÉTICA EM PORTUGAL

É apresentada neste capítulo uma breve caracterização do consumo energético nacional. É ainda feito o enquadramento legislativo da política energética portuguesa, com especial ênfase no setor dos edifícios.

### 2.1. Caracterização do consumo energético em Portugal

Os padrões de consumo energético da população são matéria alvo de recorrentes estudos, no sentido de minimizar o impacto ambiental e aumentar a eficiência dos processos energéticos. No setor energético, Portugal é caracterizado pela particularidade de ser um país pobre no que respeita a recursos energéticos não renováveis, sendo estes um dos principais fatores de alavancamento das principais economias a nível mundial. Segundo a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), a taxa de dependência energética de Portugal no ano de 2016 situou-se em 74,9 %, tendo como consequência as constantes e avultadas faturas pagas pela falta de combustíveis fósseis até aos dias atuais, interessando, portanto, reduzir essa dependência energética com base em energias renováveis (DGEG, 2018).

Analisando a Tabela 2.1 com dados relativos ao ano de 2016, podemos verificar que os transportes e a indústria são os setores dominantes no que respeita ao consumo energético em Portugal. Seguidamente, surgem os setores doméstico e serviços e, por fim, a agricultura e pescas com um valor praticamente residual. Relativamente ao setor doméstico, cujos dados de consumo por fonte energética em 2016 são apresentados na Tabela 2.2, observamos que a eletricidade naturalmente tem maior preponderância no consumo energético das residências, pois é um bem de primeira necessidade e serve de fonte de energia para todos os propósitos. Seguidamente, surge a componente de energia renovável que engloba a energia produzida a nível local por biomassa, coletores solares e painéis fotovoltaicos, entre outros, tendo como destino a produção de águas quentes sanitárias, climatização e energia elétrica. Por fim, surgem os derivados do petróleo e gás natural que são utilizados tipicamente em caldeiras para colmatar as necessidades de aquecimento e para a confeção de alimentos no caso do gás natural (DGEG, 2018).

**Tabela 2.1 - Consumo de energia final por setor 2016.**

Setor	Agricultura e Pescas	Indústria	Transportes	Doméstico	Serviços
<b>Consumo energia final [tep]</b>	448 251	4 745 363	5 712 935	2 581 296	1 945 292

**Tabela 2.2 - Consumo setor doméstico por fonte energética 2016.**

Fonte energética	Petróleo	Gás Natural	Eletricidade	Renováveis
<b>Consumo energia final [tep]</b>	408 578	241 749	1 125 737	805 222

## 2.2. Política energética de Portugal

De modo a colmatar as carências energéticas, reduzir as emissões de dióxido de carbono e aumentar a eficiência energética, Portugal tem traçadas várias metas estratégicas para o setor da energia. O diploma aprovado na Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001, de 19 de outubro, teve como propósito cumprir as obrigações assumidas na subscrição do Protocolo de Quioto. Mais recentemente, foi definida uma nova Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020) onde foram adotados planos e programas com base em Diretivas Europeias. Os objetivos da política energética enquadram tópicos como (Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, 2010):

- Agenda para a competitividade, o crescimento a independência energética e financeira;
- Aposta nas energias renováveis;
- Promoção da eficiência energética;
- Garantia da segurança de abastecimento;
- Sustentabilidade da estratégia energética.

Alguns dos programas e planos desenvolvidos com metas específicas para atingir os objetivos acima mencionados foram o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) e o programa de Eficiência Energética para a Administração Pública (ECO.AP). Mais recente, o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030), indica as medidas propostas por Portugal de forma a diminuir a pegada ecológica, contribuindo para um futuro sustentável a nível económico, social e ambiental.

### 2.2.1. PNAEE e PNAER

Com base na diretiva n.º 2006/32/CE de 5 de abril de 2006, determinou-se que os Estados Membros deviam adotar medidas para que, até 2016, conseguissem atingir uma economia de energia de 9%, promovendo medidas de eficiência energética. As principais diretrizes consistiam nas metas do pacote “Energia-Clima 20-20-20”, comparando os valores a 1990 (PNAEE, 2020):

- Redução de 20% de gases de efeito de estufa;
- Aumento de 20% as fontes de energias renováveis no consumo de energia final;
- Redução de 20% do consumo de energia.

De modo a cumprir as Diretivas Europeias, na Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de 10 de abril, o Governo Português aprovou o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE 2016) e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER 2020), sendo estabelecidas as seguintes medidas para o ano de 2020 em comparação com os índices de 2005 (PNAEE, 2020):

- Reduzir em 25% do consumo de energia primária;
- Reduzir em 30% do consumo de energia na Administração Pública;
- Fontes de energia renovável equivalerem a 31% no consumo de energia final;
- Aumentar em 10% a utilização de fontes renováveis no setor dos transportes.

O PNAEE 2016 deu continuidade ao PNAEE 2008, observando a exclusão de algumas medidas devido à complexidade de execução, outras medidas sofreram alterações nas respetivas metas em função do seu estado e potencial de implementação face ao respetivo custo económico. Foram, ainda, consideradas novas medidas que traduzem oportunidades de melhoria.

A Tabela 2.3, indica as áreas específicas de aplicação do PNAEE 2016 e respetivos programas, com especial destaque para a *Área Residencial e Serviços* onde foram criadas medidas como: a *promoção de eletrodomésticos mais eficientes*, com um maior rigor a nível das classes de eficiência energética; *iluminação mais eficiente*, com a renovação de lâmpadas de baixa eficiência energética e o descontinuar das lâmpadas de incandescência; *isolamento eficiente*, com a instalação de 3 milhões de m<sup>2</sup> de material isolante no parque edificado; *calor verde*, com uma maior integração de recuperadores de calor em detrimento das lareiras convencionais; no *solar térmico*, onde foi estabelecida a meta de 100 000 m<sup>2</sup> de coletores instalados por ano. (Resolução do Conselho de Ministros n.º 23/2013, 2013).

Tabela 2.3 - Áreas e programas do PNAEE 2016.

		Áreas					
		Transportes	Residencial e Serviços	Indústria	Estado	Comportamento	Agricultura
<b>PROGRAMAS</b>	Eco Carro	Renove Casa e Escritório	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia	Eficiência energética no Estado	Comunicar Eficiência Energética	Eficiência no setor Agrário	
	Sistema de Eficiência Energética nos Transportes	Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios					
	Mobilidade Urbana	Solar Térmico					

Dando continuidade ao PNAER 2010, o PNAER 2020 delineou as trajetórias de introdução das fontes de energia renovável até ao ano de 2020. Essencialmente, foram revistos alguns mecanismos de apoio às tecnologias emergentes ou menos maduras, reavaliaram-se os objetivos das centrais fotovoltaicas e micro e mini produção de eletricidade, promoveram-se os biocombustíveis e outros combustíveis renováveis e estimulou-se utilização de biomassa para os setores domésticos e de serviços públicos. Conforme se pode observar a partir da Tabela 2.4, os setores alvo das medidas e programas são o da eletricidade, do aquecimento/arrefecimento e dos transportes (Resolução do Conselho de Ministros n.º 23/2013, 2013).

Tabela 2.4 - Áreas e programas do PNAER 2020.

				Setores		
				Aquecimento e Arrefecimento	Eletricidade	Transportes
<b>PROGRAMAS</b>	Solar Térmico			Regime Geral		Biocombustíveis
	Calor Verde			Facilitador de mercado		Mobilidade elétrica
	Registo de instaladores de pequenos sistemas renováveis			Garantias de origem		
				Centrais de biomassa		
				Mini produção		
				Balcão Único da Eletricidade		
				PNBEPH		
				Zona Piloto energia <i>offshore</i>		
				Sobre equipamento parques eólicos		
				Valorização da biomassa florestal		

### 2.2.2. ECO.AP

Em conformidade com o Plano Europeu de Eficiência Energética, que refere que o setor público deve dar o exemplo, nomeadamente através da eficiência energética na despesa pública, da renovação dos edifícios públicos e dos contratos de desempenho energético, foi criado, a nível nacional, o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (Eco.AP) através da Resolução do Conselho de Ministros nº 2/2011 e foi publicada uma nova lei sobre a matéria, Decreto-Lei nº 29/2011. O Eco.AP traduz-se num conjunto de medidas de eficiência energética para a execução a curto, médio e longo prazo nos serviços, organismos e equipamentos públicos. O novo Decreto-Lei estabelece o regime jurídico de contratação pública para a formação e execução dos contratos de desempenho energético que revistam a natureza de contratos de gestão de eficiência energética, a celebrar entre os serviços e organismos da Administração Pública e as ESE, para implementação de medidas de eficiência energética em edifícios públicos e equipamentos afetos à prestação de serviços públicos.

Os Certificados Brancos são um mecanismo introduzido pela diretiva Eco.Ap - Eficiência Energética na Administração Pública, que permite às entidades públicas que

ultrapassem o aumento de 20% na eficiência energética até 2020 a venda do excedente a entidades que não tenham atingido esse objetivo.

Os contratos de desempenho permitem que entidades privadas, as Empresas de Serviços de Energia (ESE), assumam os custos de investimento de medidas de eficiência energética, com a contrapartida de uma parte das poupanças geradas com a implementação dessas medidas (ECO.AP).

### **2.2.3. PNEC 2030**

O Plano Nacional Energia e Clima 2030 é o principal instrumento de política energética para o período de 2021-2030, surgindo com metas ambiciosas, consequência de Portugal ter assumido o objetivo da neutralidade carbónica até 2050. Para dar continuidade à política energética, foram determinados os seguintes objetivos gerais com o horizonte de 2030 (PNEC 2030, 2019):

- Descarbonizar a economia nacional;
- Dar prioridade à eficiência energética;
- Reforçar a aposta nas energias renováveis e reduzir a dependência energética do país;
- Garantir a segurança de abastecimento;
- Promover a mobilidade sustentável;
- Promover uma agricultura sustentável e potenciar o sequestro de carbono
- Desenvolver uma indústria inovadora e competitiva;
- Garantir uma transição justa, democrática e coesa.

Destes objetivos, surgem as metas para o ano de 2030 (tendo por base o ano de 2005):

- Reduzir as emissões de gases de efeito de estufa entre 45% a 55%, sem LULUCF (Land-Use, Land-Use Change and Forestry);
  - Reduzir em 35% o consumo de energia primária;
  - Corresponder as fontes de energia renovável em 47% no consumo de energia final;
  - Igualar as fontes de energia renovável em 80% do consumo de eletricidade;
  - Aumentar em 20% as energias renováveis no setor dos transportes;
  - Aumentar a interligação elétricas em 15%;
  - Reduzir a dependência energética para a ordem dos 65%.
-

### 2.3. Enquadramento legislativo do setor residencial - SCE

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE) aprovado no Decreto-Lei n.º 40/1990 de 6 de fevereiro, foi o primeiro regulamento com impacto na eficiência energética dos edifícios. Face ao conhecimento e experiência de outros países no que respeita à conservação de energia através da arquitetura e tecnologias construtivas, concluiu-se que ao melhorar substancialmente a qualidade térmica da envolvente do edificado, os benefícios da poupança energética e conforto térmico seriam significativos (ADENE, 2020b).

Passados dois anos, no Decreto-Lei n.º 156/92 de 29 de julho, foi publicado o Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RQSECE) que transcrevia que as necessidades de conforto térmico e qualidade do ambiente interior envolviam a ventilação, aquecimento, arrefecimento, humedificação e desumidificação. Em 1998, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) alterou o diploma anterior, através do Decreto-Lei n.º 118/98 de 7 de maio.

A Diretiva Comunitária 2002/91/CE de 16 de dezembro, traduz as preocupações com a evolução do consumo energético no setor residencial, visto que 40% da energia final era absorvida neste setor. Esta diretiva continha requisitos relacionados com (ADENE, 2020b):

- Metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético de edifícios novos ou grandes, sujeitos a grandes intervenções;
- Certificação energética dos edifícios;
- Inspeção regular de caldeiras e ar condicionado, particularmente para sistemas de aquecimento com caldeiras com mais de 15 anos.

Passados 4 anos surge o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, através do Decreto-Lei n.º 78/2006, consequência das obrigações impostas na Diretiva Comunitária. Em 2010 surgem novas orientações com a Diretiva Comunitária 2010/31/EU de 19 de maio, dando lugar a requisitos mais exigentes de modo a promover a eficiência energética e a certificação (ADENE, 2020b).

O Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) surgiu como mecanismo de adaptação da Diretiva Comunitária para o contexto português, regulamentado no Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto e suportado em 7 Portarias e 14 Despachos. O Decreto-Lei n.º 118/2013 agregou a matéria anteriormente regulamentada em três diplomas distintos, Decretos-Lei n.º 78/79/80 de 2006 de 4 de abril, promovendo a harmonização concetual e terminológica

aos destinatários das normas, através da aprovação do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), constituído pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) (Decreto-Lei n.º 118/2013, 2013).

O último diploma a ser aprovado foi o Decreto-Lei n.º 95/2019 de 18 de junho, onde é referido o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações. A última publicação com as devidas alterações do regulamento aplicável ao SCE foi o Decreto-Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto, sendo esta a quinta alteração do diploma original de 2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013, 2013).

Segundo o artigo 3º do Decreto-Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto, o âmbito de aplicação do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios é destinado a edifícios ou frações de habitação, novos ou sujeitos a grande intervenção, bem como para efeitos de venda. Os contratos de permuta ou arrendamento de imóveis também exigem a apresentação do certificado energético. O mesmo não se aplica a contratos de doação ou herança de imóveis, visto não se tratar de uma escolha para o beneficiário. Imóveis já construídos e habitados à data de publicação do referido diploma, não necessitarão de efetuar a certificação de eficiência energética. A venda de frações ou edifícios em processos de insolvência não está comprometida pela necessidade de apresentar o certificado de eficiência energética.

Relativamente a edifícios de comércio e serviços, estão abrangidos pelo SCE os edifícios ou frações com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m<sup>2</sup>, ou 500 m<sup>2</sup> no caso de centros comerciais hipermercados, supermercados e piscinas cobertas. Caso seja propriedade de entidade pública, terão de ter o certificado energético os edifícios ou frações com pavimento superior a 250 m<sup>2</sup> (Decreto-Lei n.º 118/2013, 2013).

A avaliação do desempenho energético dos edifícios de habitação baseia-se principalmente em duas componentes, o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas. Para cada uma dessas componentes são ainda definidos parâmetros específicos para a qualidade térmica, sistemas de climatização, água quente sanitária, iluminação e aproveitamento de energias renováveis de gestão de energia. O resultado da avaliação deste conjunto de parâmetros pelo perito qualificado resulta no relatório de certificado energético do edifício da habitação, onde estão presentes tópicos como indicadores de desempenho, descrição dos elementos construtivos, perdas e ganhos de calor da habitação, propostas de medidas de melhoria, conjunto de medidas de melhoria, recomendações sobre sistemas técnicos e o índice de classe energética, coeficiente esse que traduz a avaliação de todas as componentes, compreendido entre A+ e F.

---

O índice de classe energética é determinado pela aplicação da fórmula do rácio de classe energética,  $R_{N_t}$ , dado por (Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013, 2013):

$$R_{N_t} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad 2.1$$

Onde  $N_{tc}$  representa o valor das necessidades nominais anuais de energia primária e  $N_t$  corresponde ao valor limite das necessidades nominais anuais de energia primária, ambos calculados de acordo com o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação. O rácio de classe energética está enquadrado na Tabela 2.5, determinando assim o índice de classe energética (Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013, 2013).

**Tabela 2.5 - Rácio de necessidades energéticas totais por classe energética.**

Classe Energética	Valor de $R_{N_t}$
A+	$R_{N_t} \leq 0.25$
A	$0.26 \leq R_{N_t} \leq 0.50$
B	$0.51 \leq R_{N_t} \leq 0.75$
B-	$0.76 \leq R_{N_t} \leq 1.00$
C	$1.01 \leq R_{N_t} \leq 1.50$
D	$1.51 \leq R_{N_t} \leq 2.00$
E	$2.01 \leq R_{N_t} \leq 2.50$
F	$R_{N_t} \geq 2.51$

De acordo com últimas estatísticas relativas aos certificados energéticos residenciais aplicadas ao ano de 2020, verificamos que cerca de 70% dos índices de eficiência energética se situam abaixo de B-, logo, o parque edificado em Portugal é composto por habitações onde o valor das necessidades nominais anuais de energia primária,  $N_{tc}$ , é superior ao limite das necessidades nominais anuais de energia primária,  $N_t$ , correspondendo, portanto, a habitações tipicamente mal isoladas e com pouca eficiência dos sistemas técnicos (SCE, 2020).

Surge também no diploma do SCE o conceito de edifício com necessidade quase nula de energia, que deve ser padrão para construções novas a partir de 31 de dezembro de 2020, ou 31 de dezembro de 2018 para entidades públicas. Consiste num edifício orientado para o elevado desempenho energético, com o limite de ser economicamente, tecnicamente e funcionalmente viável, com a condição que a energia necessária seja fornecida por fonte de energia renovável, produzida a nível local ou nas proximidades (Decreto-Lei n.º 118/2013, 2013).



### 3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR RESIDENCIAL

Neste capítulo, e no seguimento da regulamentação do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, são analisadas as componentes consideradas na certificação energética das habitações. Essa avaliação é incidente em fatores que influenciam a qualidade térmica e as características associadas aos sistemas técnicos de climatização, água quente sanitária, iluminação e aproveitamento de energias renováveis de gestão de energia. Esta abordagem é necessária no sentido de realizar o levantamento das soluções energeticamente mais eficientes, para posteriormente utilizar no estudo de análise técnico-económica.

#### 3.1. Comportamento térmico

O comportamento térmico está associado às características de construção dos edifícios, sendo que a adoção de certas medidas podem influenciar significativamente o desempenho energético em termos de conforto térmico e de iluminação natural. Pontos como a localização, orientação solar, tipologia de edifício e isolamento são, portanto, temas preponderantes numa *Passive House*. O termo *Passive House* traduz-se na potencialização das características da construção do edifício do ponto de vista energético, saudável, confortável, economicamente acessível e sustentável. (Portugal Passivhaus, 2018).

##### 3.1.1. Localização

O primeiro parâmetro a ponderar será a localização da habitação, estando definidas zonas climáticas para Portugal Continental para as estações de aquecimento e arrefecimento, Inverno e Verão respetivamente. De acordo com o Despacho n.º 15793-F/2013, a Figura 3.1 ilustra as zonas climáticas por ordem crescente de rigor meteorológico, numa escala de I1-I2-I3 para a estação de aquecimento (Inverno) e V1-V2-V3 para a estação de arrefecimento (Verão).

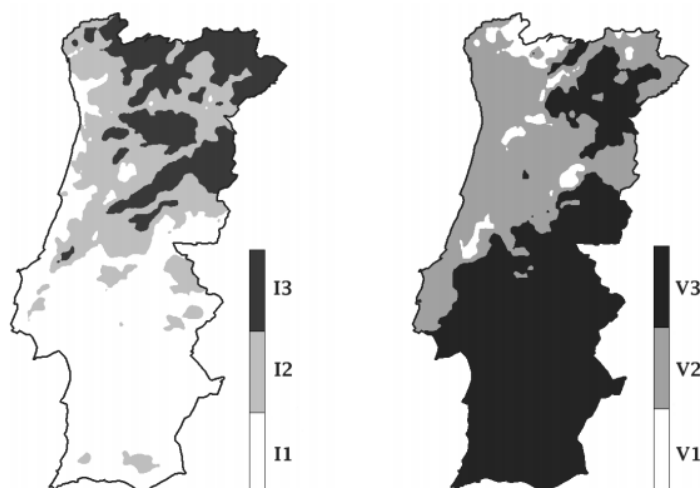


Figura 3.1- Zonas climáticas de inverno (I) e Verão (V) no continente (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, 2013).

Uma habitação localizada na zona climática I3 e V3, terá necessidades energéticas e índices de qualidade térmica diferentes de uma habitação situada em I1 e V1, onde o clima será mais ameno em ambas as estações.

### 3.1.2. Orientação solar

Uma boa prática na fase de construção da habitação, se possível, é privilegiar a orientação solar do edifício de maneira a potenciar o sol como fonte de energia na forma de calor e luz, contribuindo assim para um melhor desempenho energético do edifício. A caracterização dos quadrantes em matéria de exposição solar é a seguinte:

- Quadrante sul: É o quadrante que apresenta melhores ganhos térmicos, devido à exposição solar durante a maior parte do dia;
- Quadrante norte: Exposição solar fraca, sendo que a radiação solar direta é praticamente inexistente;
- Quadrante este: Exposição solar durante a parte da manhã;
- Quadrante oeste: Exposição solar durante a tarde.

As recomendações relativamente à orientação das divisões dos fogos, de modo a elevar o rendimento térmico com a radiação solar são:

- Quadrante sul: Piscina, quartos, zonas de refeições, terraços e varandas, vestíbulo de entrada;
- Quadrante norte: Garagem, despensa, zonas frias;
- Quadrante este: Oficina, ginásio, vestiário, cozinha, instalações sanitárias;

- Quadrante oeste: Escadas, escritório, biblioteca, circulações, zonas sociais, terraços e varandas.

Devido a eventuais ganhos térmicos excessivos na estação de arrefecimento (Verão), utilizam-se técnicas de sombreamento que consistem na proteção solar da radiação direta dos vãos envidraçados. Esta proteção limita os ganhos térmicos do vidro, podendo ser feita pelo exterior ou interior da habitação. Exteriormente, tipicamente utiliza-se estores, portadas ou palas verticais e horizontais (impedem a incidência de raios luminosos diretamente na habitação, mas permitem a iluminação das mesmas) e interiormente são utilizados cortinados, persianas de lâmina ou de enrolar (Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana I.P., 2010).

### **3.1.3. Isolamento térmico da envolvente**

O isolamento térmico da habitação está diretamente relacionado com a inércia térmica do material que a constitui. A seleção de materiais que apresentem uma condutibilidade térmica baixa, permitem reduzir a troca de energia na forma de calor entre o interior e o exterior das residências. Nos edifícios de habitação, há essencialmente quatro pontos onde deve ser aplicado algum tipo de isolamento térmico, sendo elas a cobertura, paredes, pavimento e superfícies envidraçadas (Mendes F.S. Pedro, 2012).

A envolvente opaca do edifício inclui a cobertura, paredes e pavimento, existindo inúmeras soluções de isolamento e de construção para cada uma dessas envolventes. Os elementos com capacidades de isolamento térmico mais usuais atualmente são compostos de lã mineral, poliestireno expandido e poliuretano, mas também o gesso cartonado para aplicação interior. A Tabela 3.1 indica a densidade e a condutibilidade térmica – inverso da resistividade térmica - associada a estes isolantes térmicos (Mendes F.S. Pedro, 2012).

Tabela 3.1 – Densidade e condutibilidade térmica de isolantes térmicos.

Isolante térmico	Densidade [kg/m <sup>3</sup> ]	Condutibilidade Térmica [W/(m.°C)]
Lã de rocha	20 - 180	0,042 – 0,045
Lã de vidro	8 - 100	0,040 – 0,045
Cortiça	90 - 250	0,045 – 0,055
Poliestireno expandido (EPS)	11 - 20	0,037 – 0,055
Poliestireno extrudido (XPS)	25 - 40	0,037
Poliuretano (PUR) projetado	35 - 40	0,023

Um dos principais parâmetros na avaliação da qualidade térmica das envoltivas é o coeficiente de transmissão térmica U, que traduz a quantidade de energia transmitida numa área unitária, para uma diferença de temperatura de um grau entre as duas extremidades do isolante. Segundo o Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013 de 3 de dezembro, o cálculo do coeficiente térmico das envoltivas obedece a seguinte fórmula:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right] \quad (3.1)$$

Onde:

$R_j$  – Resistência térmica da camada j, [(m<sup>2</sup>. °C)/W];

$R_{si}$  – Resistência térmica interior, [(m<sup>2</sup>. °C)/W];

$R_{se}$  – Resistência térmica exterior, [(m<sup>2</sup>. °C)/W];

De acordo com a Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de outubro, para edifícios de habitação novos, nenhum elemento da envoltiva opaca do edifício deve ultrapassar os limites máximos apresentados na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados para edifícios de habitação novos.**

$U_{ref}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]		Zona Climática		
		I1	I2	I3
<b>Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou espaços não úteis com <math>b_{tr} &gt; 0.7</math></b>	<b>Elementos verticais</b>	0.5	0,40	0,35
	<b>Elementos horizontais</b>	0.40	0,35	0,30
<b>Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou espaços não úteis com <math>b_{tr} \leq 0.7</math></b>	<b>Elementos verticais</b>	0,80	0,70	0,60
	<b>Elementos horizontais</b>	0,60	0,60	0,50
<b>Vãos envidraçados (portas e janelas) (<math>U_w</math>)</b>		2,80	2,40	2,20
<b>Elementos em contacto com o solo</b>		0,5		

$b_{tr}$ – Coeficiente de redução de perdas – traduz a redução da transmissão de calor para um espaço não útil em comparação com o exterior.

Relativamente aos vãos envidraçados, estes apresentam um comportamento distinto da envolvente opaca e, portanto, devem merecer especial atenção de modo a que a solução seja adequada tanto para a estação de arrefecimento como a de aquecimento. No cálculo das transferências e ganhos pela envolvente envidraçada são consideradas as propriedades térmicas do vidro e caixilharia, ligação entre estes, a geometria e tipologia do vão, bem como a exposição solar do mesmo. Estas particularidades traduzem-se nos seguintes parâmetros (ADENE, 2020c):

- O fator solar total  $G_T$ , traduz a quantidade de energia que atravessa diretamente um vidro;
- O fator de obstrução  $F_s$ , tem em consideração a existência de obstruções solares;
- O coeficiente de transmissão térmica  $U_w$ , reproduz a quantidade de energia transmitida numa área unitária, com uma diferença de temperatura de um grau entre superfícies;

A solução outrora mais utilizada para os vãos envidraçados consistia numa caixilharia de madeira ou alumínio com vidro simples, solução essa muito pobre no que diz respeito à eficiência energética. Contudo, surgiram soluções capazes de satisfazer as necessidades energéticas e atualmente é pratica comum aplicar vidro duplo ou triplo (menos usual) e caixilharia em alumínio com corte térmico ou policloreto de vinilo (PVC). A Tabela 3.3

apresenta os valores do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite,  $U_{\text{wdn}}$ , (média entre os coeficientes de transmissão térmica da janela  $U_w$  e da janela com proteção solar ativa no período noturno  $U_n$ ) associado a cada tipologia de vão envidraçado (Mendes G.P. Vitor, 2011).

**Tabela 3.3 – Coeficiente de transmissão térmica de diferentes tipologias de vão envidraçado.**

<b>Tipo de caixilharia</b>	<b>Número de vidros</b>	<b><math>U_{\text{wdn}}</math> [<math>\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}</math>]</b>
<b>Madeira</b>	1 (vidro simples)	3,4 – 4,3
	2 (vidro duplo)	2,0 – 2,9
<b>Metálica (alumínio) sem corte térmico/com corte térmico</b>	1 (vidro simples)	3,8 – 5,2 / 3,6 – 4,5
	2 (vidro duplo)	2,3 – 3,9 / 2,3 – 3,3
<b>Plástico (PVC)</b>	1 (vidro simples)	3,3 – 4,1
	2 (vidro duplo)	2,0 – 2,9

### 3.2. Etiqueta energética

A Diretiva de Etiquetagem Energética, n.º 2010/30/UE foi adaptada para o contexto Português no Decreto-Lei n.º 63/2011 de 9 de maio, onde são definidos os princípios e obrigações gerais das etiquetas de eficiência energética em produtos relacionados com energia (ADENE, 2017a). O objetivo da etiqueta energética é informar o consumidor, de forma simples e rápida, o desempenho energético dos equipamentos. Como é de carácter universal e baseada em pictogramas e números, torna-se fácil para o consumidor conseguir comparar características dos equipamentos como o consumo de água, eletricidade, níveis de ruído e de capacidade. Os produtos que necessitam de ter etiqueta energética são (Poupa Energia):

- Produtos consumidores de energia ou que influenciem o consumo de energia;
- Produtos com elevada penetração de mercado, com mínimo de 200 000 unidades/ano;
- Produtos com elevado potencial de redução de consumo energético e impacto ambiental.

A Figura 3.2 (ADENE, 2017a), ilustra uma etiqueta energética de um frigorífico, sendo que o seu design simplista facilita a perceção de informações relativas à marca, classe de eficiência energética, consumo anual de eletricidade e os pictogramas de caracterização do produto.

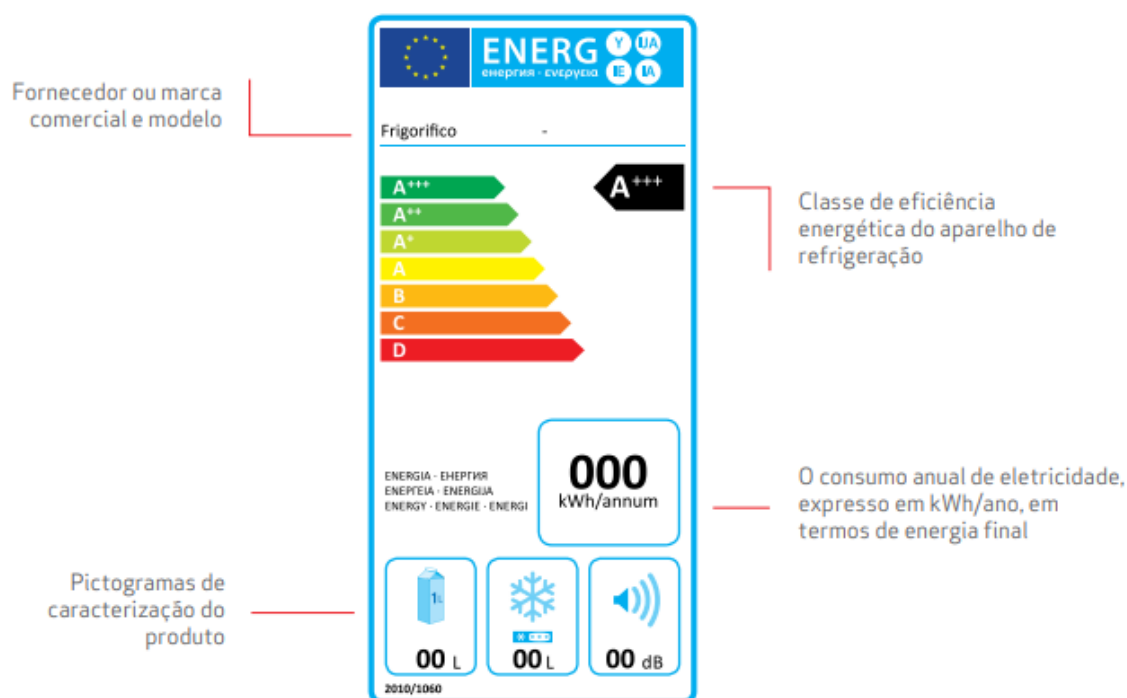


Figura 3.2 - Etiqueta energética de equipamentos de refrigeração (ADENE, 2017a).

A escala de eficiência energética é composta tipicamente por 7 classes, compreendidas entre A+++ e G, que diferem entre equipamentos. Atualmente, os televisores são avaliados numa escala de A++ a E, os equipamentos de refrigeração estão escalados de A+++ a D e os reservatórios de água quente de A a G. No entanto, as variadas escalas tem gerado alguma confusão na avaliação da eficiência energética por parte dos consumidores e a partir do ano 2021, as classes com “+” vão desaparecer de forma gradual dos eletrodomésticos novos (União Europeia, 2020).

### 3.3. Águas Quentes Sanitárias - AQS

A água quente sanitária de uma habitação é um processo no qual é consumida uma grande quantidade de energia, portanto, é de todo o interesse a seleção de equipamentos e sistemas com elevados índices de eficiência. Está previsto no Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto que os edifícios sujeitos a grandes intervenções ou novos, devem atender à instalação de sistemas solares térmicos com o propósito de Águas Quentes Sanitárias (AQS), desde que exista exposição solar adequada. Em alternativa, podem ser considerados outros sistemas de aproveitamento de energias renováveis com a condição que estas têm de produzir em quantidade igual ou superior à energia dos sistemas de coletores térmicos numa base anual, destinados exclusivamente para águas quentes sanitárias.

Os sistemas de água quente sanitária disponíveis no mercado caracterizam-se em sistemas instantâneos (esquentadores e caldeiras murais) e sistemas de acumulação (caldeira, bomba de calor, termoacumuladores e coletores solares). O sistema instantâneo tem a vantagem de aquecerem água apenas quando necessário, mas acarretam desvantagens como (Rodrigues, C. B. P Maria, 2011):

- Elevadas perdas de combustível e água até atingir a temperatura desejada;
- Deterioração precoce do equipamento devido ao constante ligar e desligar do mesmo;
- Prestações limitadas aquando o abastecimento de mais de um ponto de consumo em simultâneo.

Na aquisição destes equipamentos é recomendado analisar os pontos como a eficiência energética, o perfil de utilização/necessidades de AQS, condições técnicas da habitação e o tipo de fonte de energia. Não obstante aos fatores anteriormente referidos, deve ser equacionada também a utilização da tecnologia de AQS para realizar a climatização da habitação.

### **3.4. Climatização**

A necessidade de climatização é inversamente proporcional ao nível de qualidade térmica da habitação, ou seja, quanto pior for a qualidade térmica, mais exigente será a climatização. Nas residências com necessidades energeticamente quase nulas, o sistema de climatização deve ser de carácter facultativo.

O intervalo de temperatura consideradas como termicamente confortáveis na estação de aquecimento é de 20°C e 25°C na de arrefecimento. Os equipamentos tipicamente utilizados em Portugal têm como fontes de energia a eletricidade, gás ou energias renováveis. Destinados apenas a aquecimento – e eventualmente AQS - das residências, as tecnologias/equipamentos mais frequentes são as salamandras, caldeiras murais, caldeiras e equipamentos elétricos móveis como termo ventiladores, radiadores a óleo entre outros. Com a capacidade de aquecer e arrefecer a habitação existem o ar condicionado e bombas de calor, tecnologias essas do tipo *split* ou *multi-split*, dado que necessitam de um equipamento no exterior e um no interior (*split*) ou várias unidades no interior (*multi-split*). O princípio de funcionamento deste tipo de tecnologia consiste na absorção da energia de um local e libertação noutra (Marques S. S. António, 2010).

Em termos legislativos do SCE, portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro, a Tabela 3.4 apresenta as classes energéticas mínimas para algumas das tecnologias anteriormente mencionadas.

**Tabela 3.4 – Classes energéticas ou rendimento nominal mínimo de diferentes tipos de tecnologia de climatização definidos no SCE.**

<b>Tecnologia</b>	<b>Classe de eficiência energética ou rendimento nominal</b>
<b>Ar condicionado</b>	B
<b>Bomba de calor</b>	B
<b>Caldeira (combustível líquido ou gasoso)</b>	A
<b>Caldeira a lenha</b>	$\geq 75\%$
<b>Caldeira a Granulados</b>	$\geq 85\%$
<b>Recuperador de calor</b>	$\geq 75\%$
<b>Salamandra</b>	$\geq 75\%$

### 3.5. Ventilação

A ventilação de uma residência tem especial importância na qualidade do ar, onde fatores como a humidade e contaminação do ar devem ser tidos em consideração de modo a evitar patologias na estrutura da residência e complicações na saúde dos ocupantes. Existem diversos tipos de ventilação: a natural, a mecânica, de infiltração de ar e a mista. Na ventilação natural, o ar é renovado por diferenças de temperatura entre o interior e o exterior, através de aberturas na envolvente ou outros orifícios para o efeito. A ventilação mecânica consiste na utilização de extratores que asseguram a introdução e extração do ar, com a desvantagem de acarretar custos associados ao funcionamento dos equipamentos. A infiltração de ar contempla a permeabilidade dos vãos e portas e a mista todos os tipos anteriores (ADENE, 2020d).

Segundo o regulamento do SCE aplicável à ventilação e qualidade do ar interior, definido na Portaria 353-A/2013 de 4 de dezembro, a taxa de renovação horária de ar deve ser igual ou superior a 0.4 renovações por hora, i.e., a cada hora deve ser renovado 40% do volume em análise.



## 4. INQUÉRITO “EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL”

Com o propósito de avaliar os conhecimentos e a implementação de práticas energeticamente eficientes a nível residencial, e ainda conhecer a disposição dos consumidores residenciais em investir em medidas de eficiência energética, foi elaborado e divulgado um inquérito on-line sob o tema “Eficiência Energética Residencial”, dirigido aos consumidores residenciais do concelho de Coimbra.

### 4.1. Casos de estudo

De modo a incrementar a eficiência energética no setor residencial, diversos estudos têm sido realizados com recurso a diferentes metodologias. A abordagem direta à população através de inquéritos, ou a realização de estudos de caso de poupanças energéticas e monetárias com a integração de medidas, são algumas das estratégias utilizadas nos diferentes trabalhos.

Em 2010, a Agência para a Energia (ADENE) realizou um guia da eficiência energética, abordando temas como o sistema de certificação energética, as energias renováveis e a poupança associada a eletrodomésticos com classes energéticas diferentes. São ainda fornecidos vários conselhos práticos de modo a aumentar a eficiência energética da habitação (ADENE, 2010).

A mesma entidade, em 2017, realizou uma campanha de sensibilização e promoção da eficiência energética na administração pública e na habitação particular, tendo como objetivo identificar os principais constrangimentos ao desenvolvimento de projetos e eficiência energética. As principais conclusões foram que cerca de 75% dos inquiridos dizem-se preocupados com questões da eficiência energética, mas apenas 10% solicitou o certificado energético e somente 15% conhece a ADENE (ADENE, 2017b).

À semelhança do trabalho anterior, foi elaborado um estudo de fatores que afetam o comportamento na poupança de energia e eficiência energética para a realidade Britânica. As conclusões demonstram que indivíduos com mais idade tem tendência a investir mais na eficiência energética, no entanto, na economia de energia os resultados não observam qualquer tendência. Concluiu-se também que o sexo feminino demonstra uma maior disposição em investimentos de eficiência energética do que o sexo masculino (Trotta, G. 2018).

No seguimento da análise de fatores que influenciam a disposição em investir na eficiência energética nas habitações por parte da população, foi realizado um estudo com base

em 15 000 residências de países da União Europeia. As principais conclusões demonstram que a disposição em investimentos desta índole é proporcional ao rendimento, contudo, na generalidade dos países com políticas de apoio, concluiu-se que a diferença das taxas de implementação entre famílias com altos ou baixos rendimentos seria ainda maior caso não houvesse programas de financiamento. São ainda analisadas as implicações políticas que poderiam canalizar mais apoio financeiro às famílias para investimentos na eficiência energética das suas residências, como empréstimos a juros baixos ou agilizar o pagamento dos subsídios (Schleich J. 2019).

Direcionado ao setor de arrendamento das habitações, foi realizado um estudo de análise do comportamento dos inquilinos em relação à eficiência energética dos imóveis onde habitam. A conclusão refere que metade dos inquiridos está disposto a pagar mais 38 € por mês por uma melhoria de um nível na escala da eficiência energética dos edifícios (Collins M, Curtis J. 2018).

Um estudo de carácter prático foi elaborado por Professores da Universidade e Instituto Superior Técnico de Lisboa em 2017, com o propósito de apresentar um modelo com o melhor conjunto de medidas de renovação do conjunto edificado para as cidades de Lisboa, Porto, Bragança e Évora. As principais conclusões sugerem que as melhores medidas a adotar são, primeiramente a instalação de bombas de calor, e seguidamente, a substituição da iluminação e diminuição das perdas sobre a forma de calor nas envolventes opacas da residência (Monica M.E, M. Sandoval-Reyes, Carlos A.S., S.M. Vieira, J.M.C. Sousa, 2017).

No mesmo contexto do caso anterior, a revista Deco Proteste em 2014, realizou um estudo prático sobre a poupança monetária associada a uma residência com 120m<sup>2</sup> com o isolamento apropriado. São analisadas variáveis como a localização, tipologia de construção, tipo de isolamento e temperatura ambiente. Como produto final são apresentados valores de investimento monetário, período de retorno, poupança anual e a classe energética do imóvel (DECO Proteste, 2014).

No seguimento de mais um trabalho de teor prático, a Universidade do Minho realizou um estudo de análise da redução de consumo energético com a aplicação de materiais de mudança de fase – materiais que libertam ou absorvem grandes quantidades de calor quando alteram o seu estado físico – e armazenamento de energia térmica. Os resultados alcançados mostram que é possível reduzir cerca de 13% as necessidades de aquecimento e até 92% as necessidades de refrigeração para uma residência no norte de Portugal a 100 metros de altitude (C. Araújo et al, 2017).

---

## 4.2. Metodologia do inquérito

O inquérito realizado teve como principais objetivos a avaliação da consciencialização de práticas energeticamente eficientes e a disposição do consumidor residencial em investir no incremento da eficiência energética da residência. De forma a ser de fácil preenchimento, o questionário incluiu 20 questões de respostas breves do tipo escrito ou de seleção de uma ou várias opções, perfazendo um tempo médio de 5 minutos de preenchimento. O questionário foi dividido em dois grupos de questões, começando com a caracterização do inquirido a nível socioeconómico e comportamental/conhecimento no que à eficiência energética diz respeito. A segunda parte do inquérito corresponde à caracterização da habitação, nomeadamente características construtivas, equipamentos/eletrodomésticos e fontes de energia usadas. Por fim, efetuou-se um levantamento da disposição de investimento monetário com o objetivo de melhorar a eficiência energética da residência.

A plataforma utilizada na construção do inquérito foi o *Google Forms*, tendo sido divulgado entre 14 de abril e 30 de maio de 2020 através das redes sociais do *Facebook*. Foram obtidas 102 respostas, tendo sido validadas 94.

## 4.3. Perfil dos inquiridos

Começando pela análise da faixa etária dos inquiridos, a média obtida foi de 35,8 anos, com uma variação compreendida entre os 19 e os 69 anos. A divisão do intervalo de idades usada é a apresentada no gráfico da Figura 4.1, onde é perceptível que a maioria dos inquiridos (38%) se encontra entre os 21 e os 30 anos. A faixa etária dos 41 aos 50 anos, foi a segunda mais participativa com 27% de inquéritos.

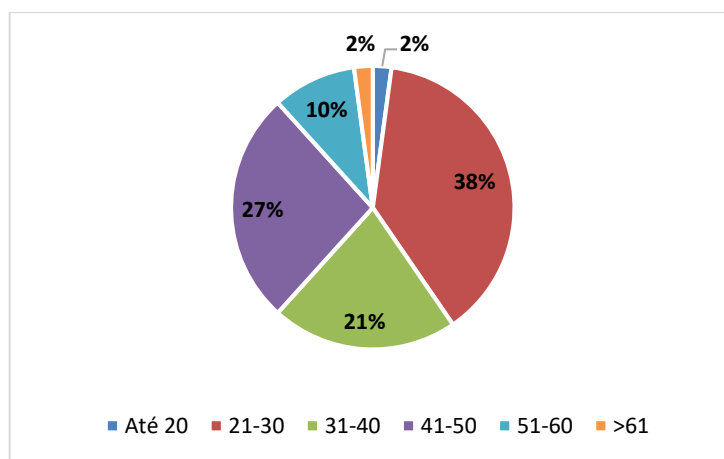


Figura 4.1 - Faixa etária dos inquiridos.

A segunda questão do inquérito contemplava as habilitações académicas dos inquiridos, onde o resultado mais expressivo foi obtido no ensino universitário com um total de 65 de respostas, correspondendo a 69% do total. Seguidamente, o ensino secundário com 25% e por fim, o ensino básico. Uma das respostas a essa questão era “Formação na área de energias”, onde apenas 2% respondeu afirmativamente a esta formação especializada, conforme mostrado na Figura 4.2.

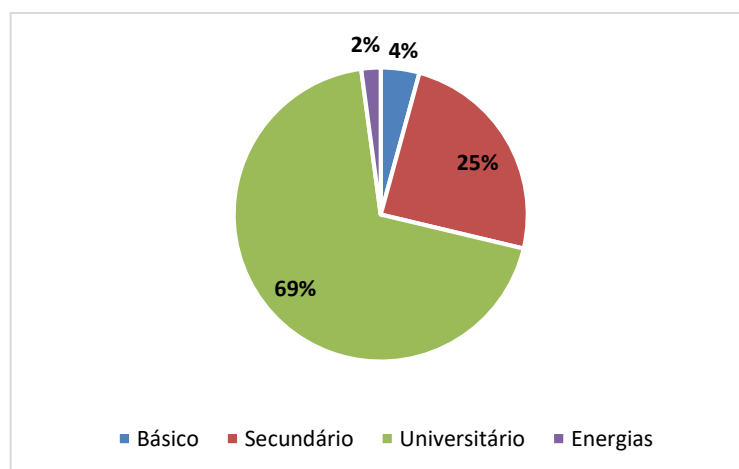


Figura 4.2 - Habilitações académicas dos inquiridos.

As questões 3 e 4 do questionário foram exclusivas ao agregado familiar, nomeadamente o número de pessoas e o rendimento total mensal do agregado. A maioria dos agregados dos inquiridos é composta por 2-3 elementos, correspondendo a 62% do total, como indicado na Figura 4.3. Relativamente ao rendimento mensal do agregado familiar, apresentado na Figura 4.4, a resposta mais expressiva foi “1001 € a 2000 €” com 45%. Apesar de o inquérito contemplar a opção “Superior a 5001 €”, a amostra não contemplou nenhuma resposta neste campo.

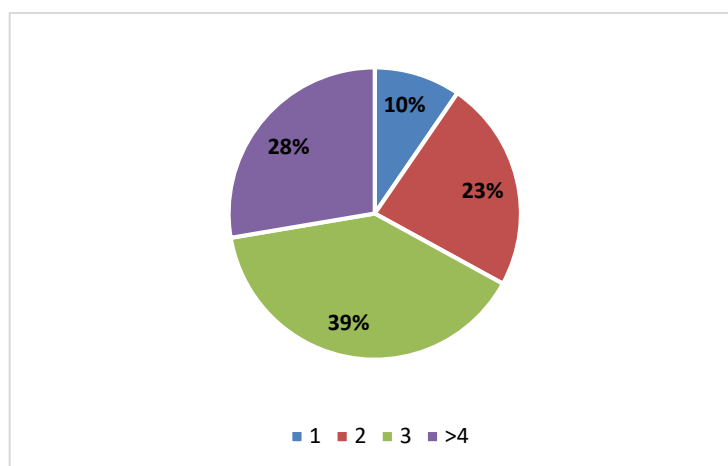


Figura 4.3 - Caracterização do agregado familiar.

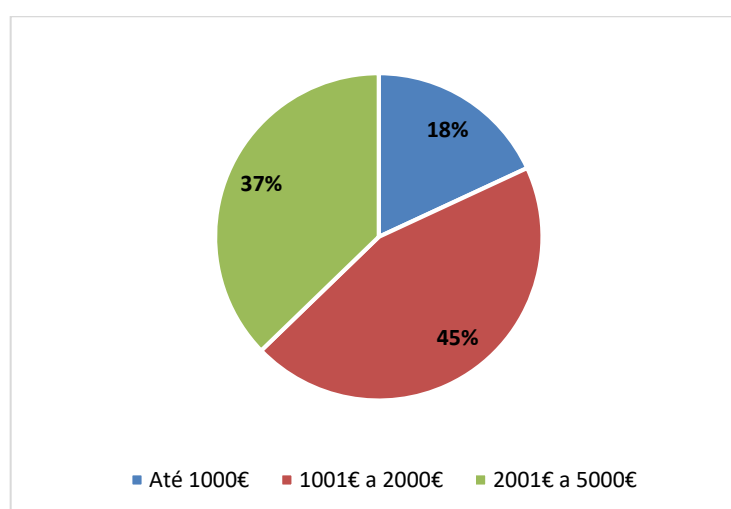


Figura 4.4 - Caracterização do rendimento do agregado familiar.

A Figura 4.5 traduz os resultados obtidos nas questões 5, 6 e 7, abordando uma autoavaliação do conhecimento sobre eficiência energética residencial (cinzento), a análise do comportamento do inquirido aquando da compra de equipamentos elétricos (laranja) e o aspeto que mais preocupa em questões desta índole (azul). Os resultados obtidos revelam que 49% detêm conhecimento suficiente nas questões da eficiência energética residencial, e a esmagadora maioria (89 dos 94 inquiridos) afirma que na compra de um equipamento elétrico, tanto o preço como a etiqueta energética têm peso na decisão final. Já o aspeto mais preponderante na eficiência energética prende-se essencialmente com a questão financeira (47%) em detrimento das alterações climáticas e conforto da habitação, que obtiveram resultados semelhantes (23% e 29% respetivamente).

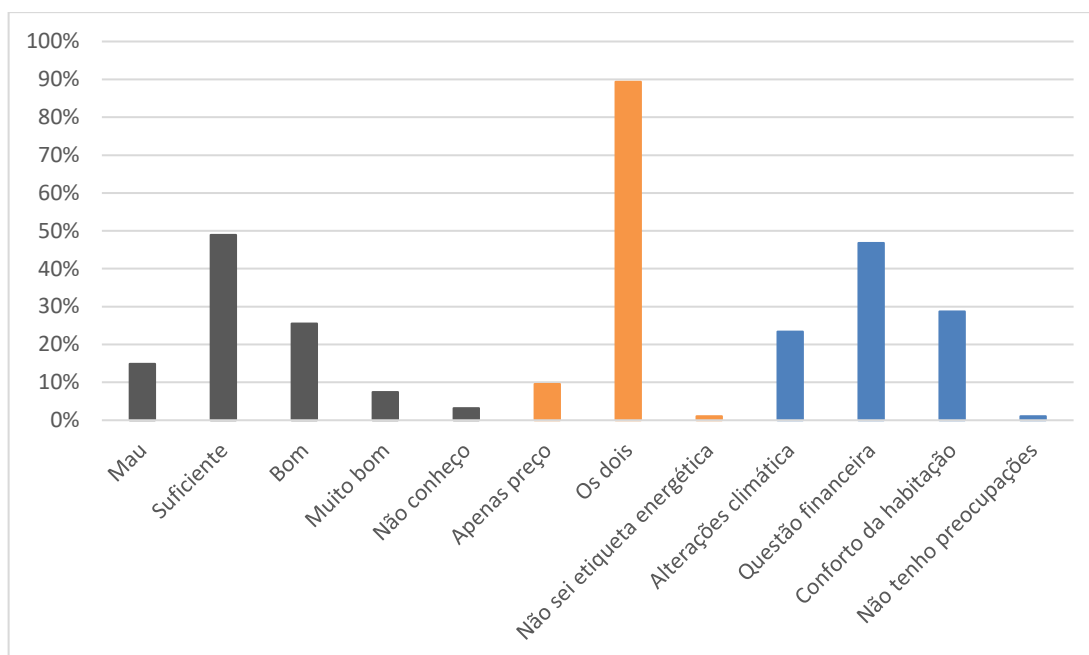


Figura 4.5 – Perfil dos inquiridos acerca de comportamentos energeticamente eficientes.

As questões do segundo grupo incidiam diretamente nos aspetos construtivos e fontes energéticas da habitação. A esmagadora maioria dos inquiridos habita em residências de tipologia isolada (60%), sendo que a orientação solar e conforto térmico das mesmas teve resultados semelhantes nas respostas de “intermédia” e “boa/bom” (40% cada), com uma variação máxima de 10% entre essas duas respostas.

Relativamente aos aspetos construtivos, equipamentos e fontes de energia, foram colocadas questões relacionadas com o isolamento das envolventes opacas (cinzento), superfície envidraçada (laranja), forma de climatização (azul), AQS (verde), confeção de alimentos (vermelho) e luminárias (roxo). O gráfico da Figura 4.6 ilustra a percentagem de cada resposta sobre o total do número de inquéritos válidos (questões com possibilidade de múltiplas respostas).

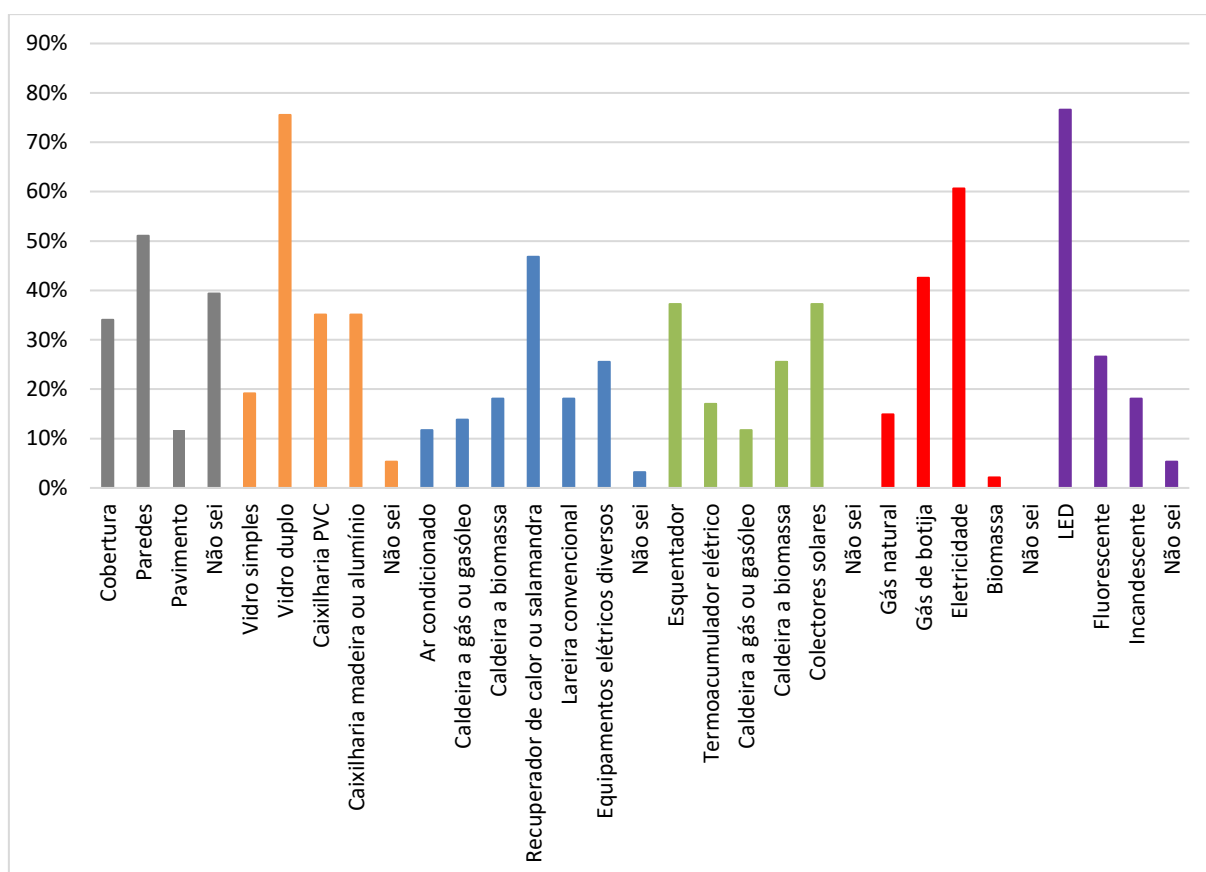


Figura 4.6 - Caracterização das residências a nível de isolamento, equipamentos e fontes de energia.

Uma análise focada nas respostas com maior percentagem, revela que praticamente metade dos inquiridos não sabe identificar que envolventes opacas estão protegidas com algum tipo de isolante térmico nas suas residências. Contudo, o vidro duplo teve um grande relevo na questão da superfície envidraçada (76%). A maioria das habitações dos inquiridos dispõe apenas de tecnologias de climatização para aquecimento, com o recuperador de calor ou salamandra com a maior percentagem de respostas (47%). Relativamente a AQS, os coletores solares e o esquentador foram as respostas mais votadas com uma percentagem de 37% cada. A fonte de energia mais utilizada para confeção de alimentos é a eletricidade, seguida do gás de botija. No que se refere ao tipo de luminárias, os LEDs obtiveram a esmagadora maioria das respostas, com 77% dos resultados.

Os resultados obtidos relativamente à fatura energética mensal – incluindo água, gás e eletricidade – foram dispersos, com um mínimo de 25 € e um máximo de 200 € (com 8 respostas neste montante). Observando a Figura 4.7, podemos verificar que a resposta mais frequente foi entre os 76 € e 100 €, seguido de 51 € a 75 €, sendo que 14% dos inquiridos afirmam que a fatura mensal ultrapassa os 150 €.

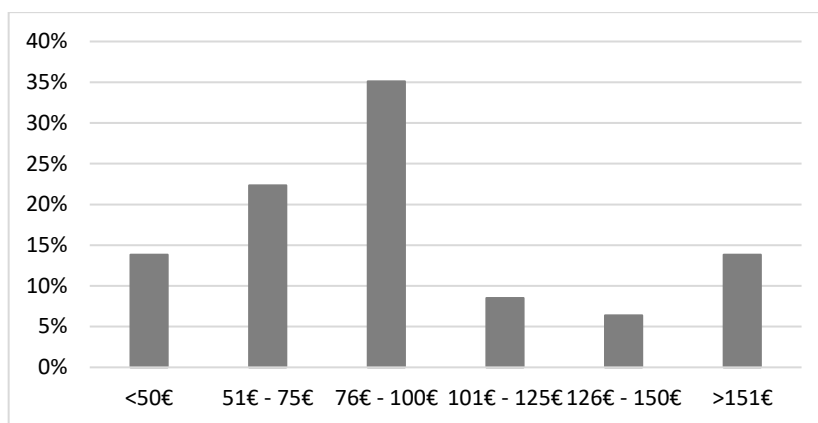


Figura 4.7 - Caracterização da fatura energética mensal do agregado familiar.

#### 4.4. Disponibilidade para investir no incremento da eficiência energética residencial

As últimas 3 questões do inquérito foram realizadas no sentido de identificar os investimentos já realizados em medidas de eficiência energética na habitação, a capacidade de identificar oportunidades de melhoria e a disposição para investir nessas oportunidades de melhoria. Metade dos inquiridos revela ter efetuado investimentos na troca das luminárias menos eficientes para LED’s e em eletrodomésticos energeticamente mais eficientes. No entanto, cerca de um quarto dos inquiridos não realizou qualquer investimento.

Curiosamente, o gráfico representativo da disponibilidade de investimento demonstra que existiram vários índices de investimento com o mesmo peso percentual. Conforme o gráfico da Figura 4.8, cerca de um terço dos inquiridos não manifesta qualquer intenção em investimentos desta índole. O número de inquiridos dispostos a investir 500 €, 1000 € e 2000 € apresenta resultados de 18%, 16% e 20%, respetivamente. Com 6% cada, surgem 4000 € e superior a 4000 €, sendo 100 € foi a resposta com menos expressão (4%).

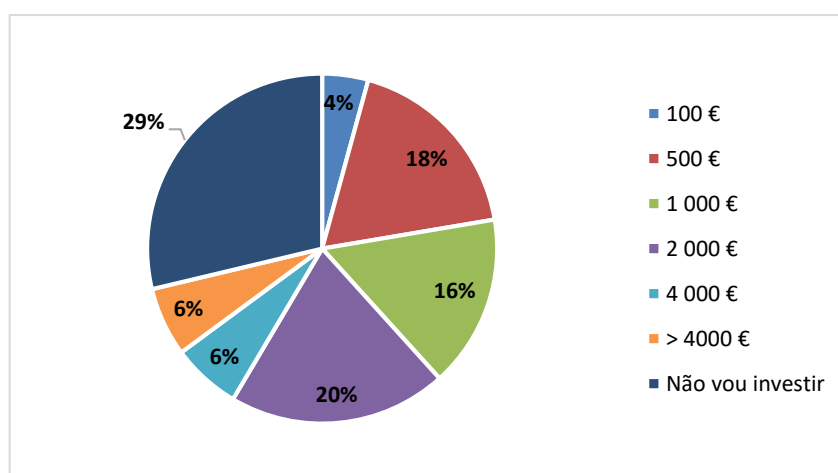
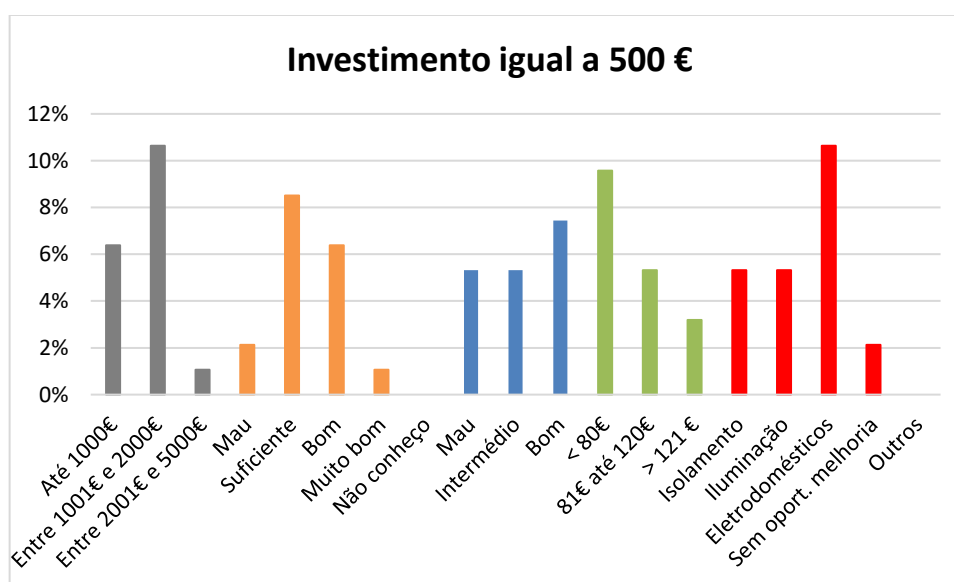


Figura 4.8 - Caracterização do investimento ponderado pelos inquiridos.

A caracterização dos inquiridos dispostos a investir em medidas de eficiência energética, de acordo com o rendimento familiar (cinzento), nível de conhecimento de eficiência energética residencial (laranja), conforto térmico da habitação (azul), fatura energética mensal (verde) e oportunidades de melhoria de eficiência energética nas residências (vermelho), é apresentada nos gráficos das figuras 4.9 a 4.13, para cada valor de investimento considerado. Não foi considerado o investimento igual a 100 €, dada a baixa percentagem de respostas obtida para este montante (ver figura 4.8).

O peso de cada resposta é avaliado na amostra global. Por exemplo, na Figura 4.9, aproximadamente 6% do total dos inquiridos apresenta um rendimento familiar até 1000 € e pondera um investimento até 500 €.



**Figura 4.9 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir 500 €.**

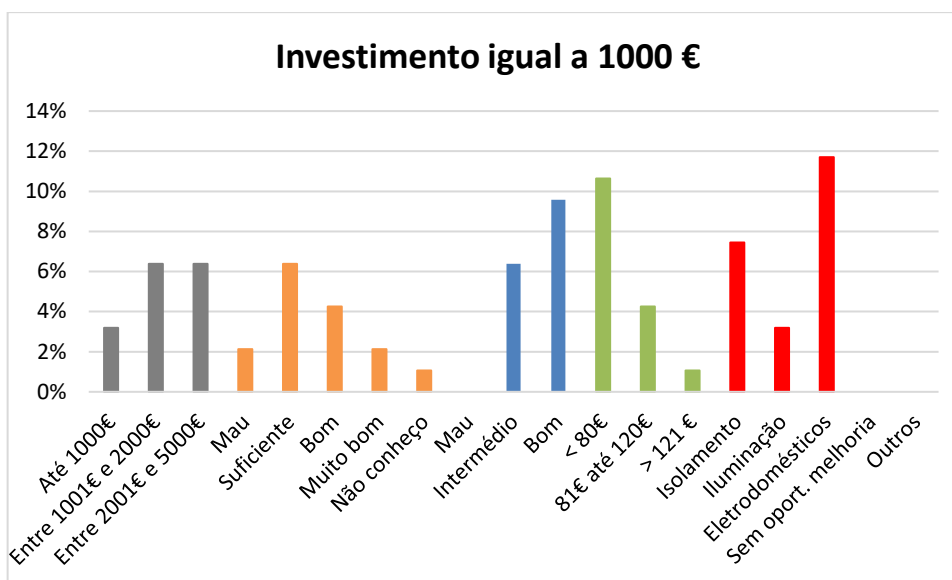


Figura 4.10 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir 1000 €.

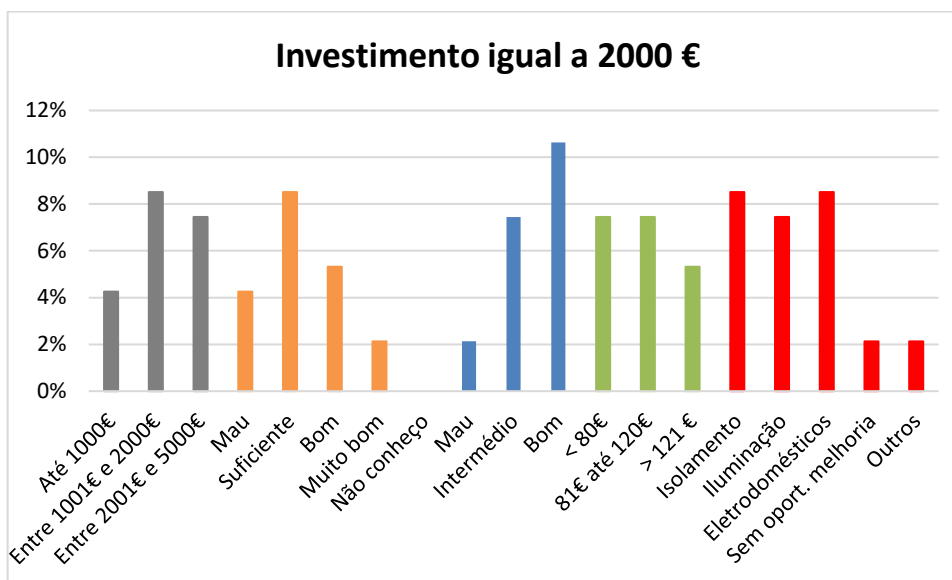


Figura 4.11 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir 2000 €.

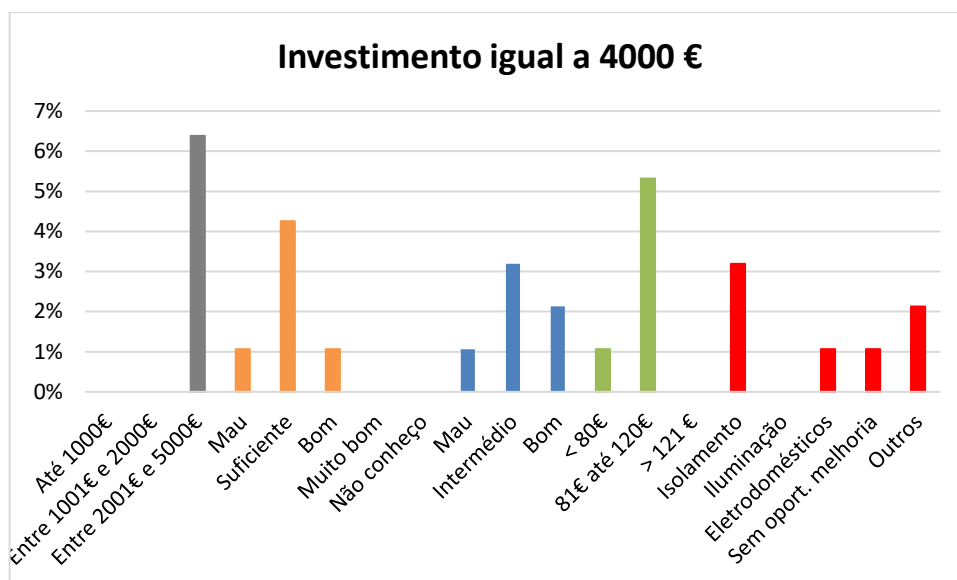


Figura 4.12 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir 4000 €.



Figura 4.13 - Caracterização dos inquiridos dispostos a investir mais de 4000 €.



Figura 4.14 - Caracterização dos inquiridos que não tencionam investir.

Como seria de esperar, a primeira conclusão é que existe uma maior disposição a investimentos consoante maior for o rendimento familiar. Investimentos entre os 500 € e os 2000 € é considerado por inquiridos com diferentes rendimentos do agregado familiar e nenhum dos inquiridos com rendimento do agregado inferior a 2000 € mensal, está disposto a investir uma quantia igual ou superior a 4000 €. Relativamente ao conhecimento de eficiência energética, o comportamento do gráfico é semelhante a todos os níveis de investimento, sendo que 18% dos inquiridos mesmo tendo conhecimentos “Mau” ou “Suficiente”, considera investir 2000 € ou mais. A nível do conforto térmico *versus* investimento, 50% dos inquiridos que consideram a sua residência com um mau comportamento térmico, apenas estão dispostos a investir até 500 €, correspondendo a inquiridos com um rendimento familiar baixo. Em termos de fatura energética é observável uma tendência de pouco investimento para faturas inferiores a 80 €, e em contrapartida, quanto maior for a pré-disposição para investir, também maior é a fatura energética mensal. Já nas oportunidades de melhoria, observa-se que a generalidade dos inquiridos tem noção do custo monetário das oportunidades de melhoria, pois, para investimentos até 1000 € a opção mais votada foi “Eletrodomésticos energeticamente mais eficientes”. O pouco peso atribuído à “Iluminação” nestes valores de investimento justifica-se na percentagem dos inquiridos (aproximadamente 80%) que revelam que dispõem de tecnologia LED nas suas residências, portanto, as oportunidades de melhoria não são muito significativas neste caso. O “Isolamento térmico” como é a área que, tipicamente, acarreta maiores investimentos, ganha relevo apenas na percentagem de respostas para investimentos superiores a 2000 €.

Relativamente aos inquiridos que não estão dispostos a investir, verifica-se que não é derivado ao baixo rendimento familiar, uma vez que a resposta “Até 1000 €” foi a que obteve menor peso percentual. Contudo, os inquiridos revelam que conseguem identificar oportunidades de melhoria em todas as áreas.



## 5. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO INCREMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL NO CONCELHO DE COIMBRA – CASO DE ESTUDO

Neste capítulo é avaliado o potencial impacto do incremento da eficiência energética no setor residencial. Para esta avaliação foi usado como caso de estudo o concelho de Coimbra, já usado para a realização do inquérito referido no Capítulo 4.

### 5.1. Caracterização do edificado e do consumo elétrico do concelho de Coimbra

Admitindo que os inquiridos são maioritariamente do concelho de Coimbra, – existe a possibilidade de respostas de concelhos vizinhos - foram utilizadas as estatísticas do concelho de Coimbra para o estudo do impacto do incremento da eficiência energética residencial.

O concelho de Coimbra localiza-se no centro de Portugal, tem área uma geográfica de 318,78 km<sup>2</sup>, contabilizando em 2011 (data do último Censos) 143 396 habitantes, divididos por 18 freguesias, como ilustrado na Figura 5.1.



Figura 5.1 - Freguesias do concelho de Coimbra.

A Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins estatísticos (NUTS) é um sistema hierárquico de divisão do território em regiões, onde o concelho de Coimbra corresponde a Centro na NUT II e Região de Coimbra na NUT III. O zonamento climático do País baseia-se na NUTS III, com o concelho de Coimbra a corresponder Baixo Mondego (PORDATA; Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, 2013).

O número de alojamentos familiares clássicos à data de 2011 contabilizavam 79 193 (PORDATA, 2015), distribuídos por 40 638 edifícios de habitação, sendo que 34 753 são edifícios de 1 ou 2 alojamentos familiares, 5 343 são de 3 ou mais alojamentos familiares e 542 de outro tipo (Figueira, J. 2019).

A caracterização do número de consumidores de eletricidade e respetivo consumo para o ano de 2017 são apresentados na Tabela 5.1. Cerca de 86% dos consumidores são consumidores domésticos, contribuindo com 26% do consumo total de energia elétrica (DGEG, 2017).

**Tabela 5.1 - Consumidores elétricos e respetivo consumo no concelho de Coimbra em 2017.**

<b>Setor de consumo elétrico</b>	<b>Número de consumidores</b>	<b>Consumo energia elétrica [kWh]</b>
<b>Doméstico</b>	78 667	181 373 325
<b>Não doméstico</b>	9 613	198 974 557
<b>Indústria</b>	997	209 510 226
<b>Agricultura</b>	619	7 694 543
<b>Iluminação vias públicas</b>	718	19 366 138
<b>Iluminação Interior edifícios do estado</b>	714	59 540 371
<b>Outros</b>	4	913 583
<b>Total</b>	91 332	677 372 743

## **5.2. Avaliação de medidas de eficiência energética**

De acordo com os resultados do inquérito realizado, cerca de 40% dos inquiridos considera como oportunidades de melhoria as áreas de isolamento térmico e a ineficiência energética dos eletrodomésticos, sendo que um terço revela ainda que a iluminação é um aspeto passível de melhoria.

As medidas de eficiência energética para o setor residencial, selecionadas para avaliação, envolvem a substituição de equipamentos existentes ou a aplicação de novas

---

tecnologias e estão agrupadas em: sistemas técnicos de equipamentos elétricos, iluminação, produção de água quente sanitária, climatização e características construtivas que melhorem a qualidade térmica do imóvel. Sendo o objetivo final determinar qual o impacto da integração destas medidas num panorama geral, foram adotados indicadores de diferentes estudos de modo a simular uma maior amostra das diferentes condições dos sistemas técnicos e térmicos das residências. A Tabela 5.2 traduz as medidas de eficiência energética selecionadas para avaliação.

**Tabela 5.2 - Medidas de eficiência energética selecionadas.**

<b>Sistema técnico</b>	<b>Medidas</b>	
<b>Equipamentos elétricos</b>	M1	Substituição de frigorífico antigo (classe energética C) por novo com classe energética (A++)
	M2	Substituição de máquina de lavar louça antiga (classe energética D) por nova com classe energética (A+++)
<b>Iluminação</b>	M3	Substituição de lâmpadas incandescentes (60 W) por LED (4,5 W)
	M4	Substituição de lâmpadas incandescentes (60 W) por fluorescentes (22 W)
	M5	Substituição de lâmpadas fluorescentes (22 W) por LED (4,5W)
<b>Águas Quentes Sanitárias</b>	M6	Substituição de termoacumulador elétrico (2 kW) por painel solar térmico (1,375 kW)
	M7	Substituição do esquentador antigo (rendimento = 60%) por equipamento mais eficiente (rendimento = 90%)
	M8	Instalação de sistema solar térmico para preparação de AQS
<b>Climatização</b>	M9	Substituição da caldeira tradicional a gasóleo (18 kW) por caldeira de biomassa (9,5 kW)
	M10	Substituição de sistemas de ar condicionado tradicionais (1,2 kW) por sistemas mais económicos (0,53 kW)
	M11	Substituição de radiadores a óleo por ar condicionado A+
<b>Construção</b>	M12	Isolamento térmico de paredes simples pelo exterior com aplicação de poliestireno extrudido XPS de 50 mm e placa de gesso 1,6 mm
	M13	Aplicação de isolamento térmico de paredes, pavimento e coberturas
	M14	Substituição da caixilharia

Para a avaliação das medidas de eficiência energética apresentadas na Tabela 5.2 foram considerados o custo de investimento, a redução do consumo anual de energia, o impacto na

fatura anual, o período de retorno do investimento e a redução de emissões de CO<sub>2</sub>.

Os dados necessários para a avaliação das medidas de eficiência energética selecionadas foram obtidos a partir de diferentes fontes, desde trabalhos científicos desenvolvidos anteriormente a catálogos de fabricantes/fornecedores, e são apresentados na Tabela 5.3 (baseado e adaptado de: Worten, 2020; Deco Proteste, 2015; Poupa Energia, 2020a; Castro Electrónica, 2020a; Castro Electrónica, 2020b; AKI, 2020; Frade M. C. André, 2019; ADENE, 2020e; Carapeto F. M. Telmo, 2016; Poupa Energia, 2020b).

**Tabela 5.3 - Indicadores de avaliação das medidas energéticas.**

Medidas	Investimento [€]	Redução de emissão de CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /ano]	Redução de consumo de energia [kWh/ano]	Redução fatura [€/ano]	Retorno do investimento [anos]
<b>M1</b>	399,99	77,4	215	34,40	11,63
<b>M2</b>	380	68	188,89	30,23	12,57
<b>M3 a)</b>	12	160,83	447	71,48	0,16
<b>M4 a)</b>	15	119,84	333	53,26	0,28
<b>M5 a)</b>	12	40,99	114	18,22	0,66
<b>M6</b>	999	131,4	912,5	146,05	6,84
<b>M7</b>	750	220	1321	250,00	3,0
<b>M8</b>	1800	560	3052	580,65	3,1
<b>M9</b>	784	1222,67	12410	2450,00	0,32
<b>M10</b>	1031	360,96	978,2	190,57	5,41
<b>M11</b>	999	333	925	148	6,75
<b>M12</b>	1093,5	126,53	878,67	140,58	7,78
<b>M13</b>	7300	2150	6277,75	960,53	7,6
<b>M14</b>	3100	390	1108	177,14	17,5

a) Considerados fluxos luminosos equivalentes, 6 lâmpadas substituídas com funcionamento diário de 4 horas.

### 5.3. Agrupamento das medidas selecionadas de acordo com investimento

Selecionadas as medidas com potencial de aplicação no setor residencial e avaliados os respetivos impactos de implementação, foram definidos agrupamentos e/ou alternativas de medidas, de acordo com o custo de implementação e ainda de acordo com os intervalos de

investimento considerados no inquérito realizado, para avaliação da disponibilidade em investir em eficiência energética no setor residencial.

Assim, para cada um dos intervalos de investimento considerados no inquérito, foram identificadas duas hipóteses de investimento resultantes da combinação de uma ou várias medidas indicadas na Tabela 5.3. As hipóteses consideradas e respetivos impactos, face às reduções anuais do consumo de energia e de emissões de CO<sub>2</sub>, são indicadas na Tabela 5.4.

**Tabela 5.4 – Agrupamento das medidas seleccionadas de acordo com investimento.**

<b>Investimento [€]</b>	<b>Hipóteses de investimento</b>	<b>Medidas conjugadas</b>	<b>Redução de emissão de CO<sub>2</sub> [kgCO<sub>2</sub>/ano]</b>	<b>Redução de consumo de energia [kWh/ano]</b>
<b>500</b>	500_1	M1	77,40	215,00
	500_2	M2+M3	228,83	635,65
<b>1000</b>	1000_1	M12	126,53	878,67
	1000_2	M10	360,96	978,20
<b>2000</b>	2000_1	M5+M7+M12	387,53	2313,55
	2000_2	M6+M10	492,36	1890,70
<b>4000</b>	4000_1	M9+M14	1612,67	13518,00
	4000_2	M1+M2+M8+M11	1038,40	4380,89
<b>&gt;4000</b>	>4000_1	M13	2150,00	6277,75
	>4000_2	M8+M14	950,00	4160,00

#### **5.4. Avaliação do impacto da integração das medidas de eficiência energética no setor residencial**

Para a avaliação do impacto da integração das medidas de incremento da eficiência energética no setor residencial, foram considerados 3 possíveis cenários que traduzem a taxa de integração das medidas por parte da população. Por ordem crescente de integração, foram definidos o cenário pessimista, realista e otimista.

A avaliação destes cenários para o concelho de Coimbra terá por base os resultados obtidos no inquérito, onde a percentagem de inquiridos dispostos a investir era cerca de 73%, distribuídos pelos intervalos de investimento conforme mostrado na Figura 4.8 do capítulo

anterior. Contudo, na realidade, dificilmente será observável que todos os inquiridos cumpram essa disposição e, portanto, à percentagem obtida para cada intervalo de investimento será aplicado um fator de redução,  $Tx_{integração}$ . A taxa de integração por investimento,  $Tx_{integração\ por\ investimento}$ , traduz a percentagem de adesão para cada intervalo de investimento, obtida através da seguinte expressão:

$$Tx_{integração\ por\ investimento} = \%índice\ investimento * Tx_{integração} \quad (5.1)$$

Como não foram considerados diferentes níveis de aceitação entre medidas, a taxa de integração por investimento foi igualmente distribuída pelas duas hipóteses associadas a cada intervalo de investimento, de acordo com a seguinte equação:

$$Tx_{integração\ por\ hipótese\ investimento} = \frac{Tx_{integração\ por\ investimento}}{2} \quad (5.2)$$

Por fim, para obter o número de residências envolvidas na implementação de medidas de eficiência energética em cada hipótese de investimento, multiplicou-se o número de residências do concelho de Coimbra pela taxa de integração por hipótese de investimento.

A justificação da aplicação do fator de redução prende-se com o facto de que a maior parte dos inquiridos acaba por não investir porque, a generalidade não consegue quantificar os ganhos em investimentos deste género, mas também a inércia associada a investimentos considerados não essenciais. Já as hipóteses de investimento foram criadas para, de certo modo, simular as diferentes oportunidades de melhoria possíveis de integrar nas residências.

Os indicadores de avaliação dos cenários considerados são o investimento inicial (custo total da implementação da medida), impacto ambiental na forma de redução de emissão de CO<sub>2</sub> e impacto energético traduzido através da redução do consumo energético.

#### **5.4.1. Cenário Pessimista**

O Cenário pessimista corresponde ao quadro com menor aceitação das medidas de eficiência energética. Atendendo à conjuntura em que foi lançado o inquérito, fase crescente (em Portugal) da pandemia por Covid-19, é credível que sejam considerados os resultados obtidos no inquérito como cenário pessimista uma vez que o impacto económico já era bastante notório, conduzindo desde logo a desinvestimento resultado da incerteza associada a períodos

---

de crise financeira. Tendo em consideração todos estes fatores, a taxa de integração  $Tx_{integração}$  para o cenário pessimista foi de 15%.

Como resultado da taxa de integração menos favorável, foi obtido um total de 7 840 habitações com integração de medidas, correspondendo a um investimento superior a 14 milhões de euros e redução anual de emissão de CO<sub>2</sub> de quase 4 milhões de kg. Relativamente ao consumo energético, foi obtido uma redução superior a 17 milhões de kWh por ano.

**Tabela 5.5 - Indicadores de avaliação para o cenário pessimista.**

Hipóteses de investimento	Número de residências com integração de medidas	Investimento total [€]	Redução de emissão de CO <sub>2</sub> [kWh/ano]	Redução de consumo de energia [kWh/ano]
<b>500_1</b>	1069	427 632	82 748,77	229 857,68
<b>500_2</b>	1069	419 089	244 647,26	679 575,72
<b>1000_1</b>	950	1 039 171	120 242,04	835 014,16
<b>1000_2</b>	950	979 776	343 026,06	929 599,11
<b>2000_1</b>	1188	2 204 139	460 339,34	2 748 254,48
<b>2000_2</b>	1188	2 411 427	584 871,98	2 245 953,08
<b>4000_1</b>	356	1 384 135	574 704,79	4 817 389,38
<b>4000_2</b>	356	1 275 439	370 053,05	1 561 210,80
<b>&gt;4000_1</b>	356	2 601 490	766 192,28	2 237 192,35
<b>&gt;4000_2</b>	356	1 746 206	338 550,08	1 482 492,96
<b>TOTAL</b>	<b>7840</b>	<b>14 488 503</b>	<b>3 885 375,64</b>	<b>17 766 539,73</b>

#### 5.4.2. Cenário Realista

Como cenário realista, considerou-se o contexto pré Covid-19, onde a economia global apresentava melhores índices e consequentemente a disposição a investimentos desta índole seria acatado por mais inquiridos. A taxa de integração,  $Tx_{integração}$ , definida para este cenário foi de 25%.

Os resultados para o cenário realista são diretamente proporcionais ao cenário pessimista, pois apenas foi incrementada a taxa de integração. Deste modo, todos os indicadores sofreram um aumento na ordem de 1,67 vezes resultando em 13 067 residências com integração de medidas, investimento total de 24 milhões de euros, redução de 6,4 milhões de kgCO<sub>2</sub> e 29,6 milhões de kWh anuais.

**Tabela 5.6 - Indicadores de avaliação para o cenário realista.**

Medida	Número de residências com integração de medidas	Investimento total [€]	Redução de emissão de CO <sub>2</sub> [kWh/ano]	Redução de consumo de energia [kWh/ano]
<b>500_1</b>	1782	712 719	137 914,61	383 096,14
<b>500_2</b>	1782	698 482	407 745,43	1 132 626,21
<b>1000_1</b>	1584	1 731 951	200 403,40	1 391 690,27
<b>1000_2</b>	1584	1 632 960	571 710,11	1 549 331,85
<b>2000_1</b>	1980	3 673 565	767 232,24	4 580 424,13
<b>2000_2</b>	1980	4 019 045	974 786,64	3 743 255,13
<b>4000_1</b>	594	2 306 892	957 841,31	8 028 982,31
<b>4000_2</b>	594	2 125 732	616 755,08	2 602 018,00
<b>&gt;4000_1</b>	594	4 335 817	1 276 987,13	3 728 653,92
<b>&gt;4000_2</b>	594	2 910 343	564 250,13	2 470 821,60
<b>TOTAL</b>	<b>13 067</b>	<b>24 147 506</b>	<b>6 475 626,07</b>	<b>29 610 899,54</b>

### 5.4.3. Cenário Otimista

Considerando também um cenário otimista – pouco provável devido à conjuntura atual –, onde um maior número de inquiridos integrava as medidas de incremento da eficiência energética do que inicialmente seria expectável, foi atribuída uma taxa de integração  $Tx_{integração}$  mais generosa na ordem de 35%.

Da mesma forma do cenário realista, os impactos do cenário otimista são diretamente proporcionais na ordem de 1,87 vezes o cenário pessimista e 1,4 vezes o cenário realista. A taxa de integração mais favorável traduz-se em 18 294 residências integrantes de medidas de

eficiência energética, gerando um investimento de 33,8 milhões de euros. Os impactos na redução de emissão de CO<sub>2</sub> é de 9 milhões de kg e 41,4 milhões de kWh no consumo energético.

**Tabela 5.7 - Indicadores de avaliação para o cenário otimista.**

<b>Medida</b>	<b>Número de residências com integração de medidas</b>	<b>Investimento total [€]</b>	<b>Redução de emissão de CO<sub>2</sub> [kWh/ano]</b>	<b>Redução de consumo de energia [kWh/ano]</b>
<b>500_1</b>	2495	997 807	193 080,45	536 334,59
<b>500_2</b>	2495	977 875	570 843,61	1 585 676,69
<b>1000_1</b>	2217	2 424 731	280 564,76	1 948 366,37
<b>1000_2</b>	2217	2 286 144	800 394,15	2 169 064,59
<b>2000_1</b>	2772	5 142 991	1 074 125,13	6 412 593,78
<b>2000_2</b>	2772	5 626 663	1 364 701,29	5 240 557,18
<b>4000_1</b>	832	3 229 649	1 340 977,84	11 240 575,23
<b>4000_2</b>	832	2 976 025	863 457,12	3 642 825,20
<b>&gt;4000_1</b>	832	6 070 143	1 787 781,98	5 220 115,49
<b>&gt;4000_2</b>	832	4 074 480	789 950,18	3 459 150,24
<b>TOTAL</b>	<b>18 294</b>	<b>33 806 508</b>	<b>9 065 876,50</b>	<b>41 455 259,36</b>

## 5.5. Análise de resultados

A avaliação da integração dos cenários de medidas de eficiência energética consiste na análise dos índices de impacto económico (investimento inicial), impacto ambiental (redução de emissão de kgCO<sub>2</sub>) e impacto energético (redução de consumo energético) para cada cenário considerado. As tabelas 5.8 a 5.10 traduzem a variação desses índices ao alterar a taxa de integração definida para cada cenário.

**Tabela 5.8 - Investimento total por cenário.**

<b>Investimento total [€]</b>		
<b>Cenário Pessimista</b>	<b>Cenário Realista</b>	<b>Cenário Otimista</b>
14 488 503	24 147 506	33 806 508

**Tabela 5.9 - Redução de emissão de CO<sub>2</sub> por cenário.**

<b>Redução de emissão de CO<sub>2</sub> [kgCO<sub>2</sub>/ano]</b>		
<b>Cenário Pessimista</b>	<b>Cenário Realista</b>	<b>Cenário Otimista</b>
3 885 375,4	6 475 626,07	9 065 876,5

**Tabela 5.10 - Redução de consumo de energia por cenário.**

<b>Redução de consumo de energia [kWh/ano]</b>		
<b>Cenário Pessimista</b>	<b>Cenário Realista</b>	<b>Cenário Otimista</b>
17 766 539,73	29 610 899,54	41 455 259,36

Relativamente ao investimento inicial, fazendo o exercício de dividir a quantia investida pelo número de habitantes do concelho de Coimbra (143 396) e pelo número de alojamentos familiares clássicos (79 193), concluímos que, no cenário com menor aceitação seriam necessários mais de 14 milhões de euros, correspondendo a uma quantia média de 101 € por cada habitante e 183 € por alojamento. No cenário realista, obtemos uma quantia média de 168 € por habitante e 305 € por alojamento. Já para o quadro com as melhores perspetivas de integração de medidas, o cenário otimista, foi obtida uma quantia média de 236 € por habitante e 427 € por alojamento.

Segundo a Pordata, à data de 2017, a emissão média de dióxido de carbono de origem fóssil era de 5,42 tonCO<sub>2</sub> per capita em Portugal. Realizando o exercício de atribuir uma percentagem na redução de emissão de dióxido de carbono para cada pessoa em cada cenário, obtemos que para o cenário pessimista a redução de 27 kgCO<sub>2</sub> corresponde a 0,5% do total anual per capita. Para o cenário realista, a redução é na ordem dos 45 kgCO<sub>2</sub> correspondendo a 0,83%. Relativamente ao cenário otimista, a redução é de 63 kgCO<sub>2</sub>, equivalendo a 1,16% do total de emissões (Pordata, 2020).

Em relação à redução de consumo de energia, para o cenário pessimista obteve-se uma quantidade superior a 17 milhões de kWh por ano, equivalendo a 124 kWh per capita. No cenário realista a poupança total é na ordem dos 29 milhões de kWh traduzindo-se em 206 kWh por habitante. Por fim, o cenário otimista obteve uma quantia superior a 41 milhões de kWh de redução do consumo energético, equivalendo a 289 kWh por habitante.



## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho procurou avaliar o impacto do incremento da eficiência energética no setor residencial, usando o concelho de Coimbra como caso de estudo, de modo a que esta avaliação tivesse por base dados reais. O estudo centrou-se na análise dos impactos económicos, energéticos e ambientais, tendo por base a avaliação das 14 medidas de eficiência energética selecionadas e os resultados obtidos com a realização do inquérito “Eficiência Energética Residencial”.

Numa fase inicial, foi elaborada a caracterização do consumo energético em Portugal, destacando o setor residencial. No seguimento desta caracterização, foi realizado o levantamento das políticas energéticas Nacionais num contexto atual e futuro, permitindo a familiarização de conceitos e o entendimento de progressos nesta área, ao que se seguiu uma abordagem ao Sistema de Certificação Energética.

O inquérito “Eficiência Energética Residencial”, foi elaborado e divulgado com o propósito de avaliar os conhecimentos e a implementação de medidas de eficiências energética no setor residencial, e ainda conhecer a disposição e disponibilidade dos consumidores residenciais em investir no incremento da eficiência energética nas suas habitações. O inquérito on-line, foi dirigido aos consumidores residenciais do concelho de Coimbra e foi suportado num questionário de simples interpretação e de fácil preenchimento, que incluiu 20 questões de respostas breves do tipo escrito ou de seleção de uma ou várias opções. Estas questões foram agrupadas de acordo com a sua natureza: caracterização do inquirido a nível socioeconómico e comportamental/conhecimento sobre medidas de eficiência energética; caracterização da habitação, nomeadamente características construtivas, equipamentos/eletrodomésticos e fontes de energia usadas e levantamento da disponibilidade em investir na melhoria da eficiência energética da habitação.

A análise dos dados obtidos com os 94 inquéritos validados, de um total de 102 respostas, indica que metade dos inquiridos (49%) tem conhecimento suficiente sobre eficiência energética residencial e que a grande maioria, (90% dos inquiridos), na aquisição de um eletrodoméstico tem em consideração não só o preço, mas também a etiqueta energética. No entanto, cerca de um terço dos inquiridos revela que não tem intenções em investir na melhoria da eficiência energética da sua habitação. De entre os inquiridos que manifestaram

disponibilidade para investir em medidas de eficiência energética, e tal como expectável, esta disponibilidade está dependente do rendimento familiar mensal.

Tendo por base as respostas dos inquiridos, relativas aos aspetos passíveis de melhoria nas suas habitações, foi selecionado um conjunto de medidas de eficiência energética com potencial de aplicação no setor residencial (sistemas técnicos de equipamentos elétricos, iluminação, produção de água quente sanitária, climatização e características construtivas que melhorem a qualidade térmica do imóvel) e avaliados os respetivos impactos de implementação, de acordo com: o custo de investimento, a redução do consumo anual de energia, o impacto na fatura anual, o período de retorno do investimento e a redução de emissões de CO<sub>2</sub>. As medidas selecionadas e avaliadas foram agrupadas tendo em consideração o custo de implementação e os intervalos de investimento considerados no inquérito realizado, para avaliação da disponibilidade em investir em eficiência energética no setor residencial.

Para a avaliação do potencial impacto da integração das medidas de eficiência energética selecionadas, foram considerados três cenários com diferentes taxas de integração de medidas energéticas por parte da população, de acordo a informação obtida através do inquérito realizado, sobre o perfil socioeconómico dos consumidores e a sua disponibilidade de investimento. Assim, foram definidos um cenário pessimista, caracterizado por um menor investimento, consequência de crises mundiais, como a atual pandemia Covid-19; um cenário realista, como o contexto mais esperado; um cenário otimista, onde efetivamente existiria uma maior taxa de integração das medidas do que inicialmente seria de esperar.

Os resultados obtidos para cada um dos cenários considerados foram avaliados em investimento monetário (€), redução de consumo energético (kWh) e a redução da emissão de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>). Como seria de esperar, quanto mais elevadas forem as taxas de adoção de integração das medidas de eficiência energética, mais significativos serão os respetivos impactos.

Durante a realização deste trabalho verificou-se que, atualmente, os esforços no sentido de melhorar o desempenho energético do setor residencial são mais intensos quando comparados com a década anterior, aliados a políticas energéticas com legislação mais criteriosa e rigorosa para os edifícios. Observou-se também que a consciencialização da população neste capítulo tem crescido nos últimos anos, sendo que nos dias atuais é raro alguém comprar um eletrodoméstico sem analisar a sua etiqueta energética. No entanto, o atual cenário de crise económica mundial terá consequência na redução do orçamento familiar, limitando a iniciativa por parte dos agregados familiares em investimentos desta índole.

As metodologias usadas ao longo do presente trabalho respeitantes quer à realização do inquérito quer à avaliação das medidas de eficiência energética aplicáveis ao setor residencial poderão vir a ser revistas. O inquérito poderá ser reformulado, através da inclusão/exclusão de algumas questões, mas com o cuidado de garantir a simplicidade e rapidez do seu preenchimento. O mesmo se aplica ao conjunto de medidas de eficiência energética selecionado. Adicionalmente, podem vir a ser considerados mais ou diferentes critérios na avaliação destas medidas.

Finalmente, as metodologias usadas na avaliação dos impactos do incremento da eficiência energética no setor residencial podem facilmente ser aplicadas a outros setores, afigurando-se o setor dos edifícios de serviços o melhor candidato.



---

## REFERÊNCIAS

- ADENE, 2010. *GUIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA*.
- ADENE, 2017a. *Manual da Etiqueta Energética*. Obtido em classemais: <https://www.classemais.pt/wp-content/uploads/2019/03/manual-etiqueta-energetica-36-3.pdf> Consultado em: 19/10/2020.
- ADENE, 2017b. *Estudo de mercado no âmbito das campanhas de sensibilização e de promoção da eficiência energética na Habitação Particular*. Consultado em: [https://www.adene.pt/wp-content/uploads/2019/08/ADENE\\_vaga-1\\_Relat%C3%B3rioHABPART.pdf](https://www.adene.pt/wp-content/uploads/2019/08/ADENE_vaga-1_Relat%C3%B3rioHABPART.pdf) Consultado em: 19/10/2020.
- ADENE, 2020a. *Guia SCE – Certificação Energética dos Edifícios*.
- ADENE, 2020b. *Guia SCE – Certificação Energética dos Edifícios*. PP 7-29.
- ADENE, 2020c. *Guia SCE – Parâmetros de Cálculo*. PP 50-82.
- ADENE, 2020d. *Guia SCE – Recolha de informação*. PP 36.
- ADENE, 2020e. *Guia SCE – Medidas de Melhoria*.
- AKI, 2020. Obtido de: <https://www.aki.pt/iluminacao/lampadas-/lampadas-fluo-compactas/fluo-compacta-tubo/conjuntode2lampadaseconomizadorastubose2722w1297lm6500klexman-p64715.aspx> Consultado em: 26/06/2020.
- C. Araújo et al, 2017. *Phase Change Materials as a solution to improve energy efficiency in Portuguese residential buildings*.
- Carapeto F. M. Telmo, 2016. *Avaliação de Medidas de Eficiência Energética em Edifícios Residenciais*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- Castro Electrónica, 2020a. Obtido de: <https://www.castroelectronica.pt/product/lampada-led-e27-a60-220v-10w-branco-4000k-810lm> Consultado em 26/06/2020.
- Castro Electrónica, 2020b. Obtido de: <https://www.castroelectronica.pt/pt/product/lampada-incandescente-simples-e27-60w--homepluss> Consultado em 26/06/2020.

- Collins M, Curtis J. 2018. *RETURN ON ENERGY EFFICIENCY INVESTMENTS IN RENTAL PROPERTIES*. ESRI RESERARCH BULLETIN.
- DECO Proteste, 2014. *Conforto com mais poupança*.
- Deco Proteste, 2015. *Frigoríficos: poupe na compra e na eletrificidade*. Obtido de: <https://www.deco.proteste.pt/eletrodomesticos/frigorificos/dicas/frigorificos-poupe-na-compra-e-na-eletrificidade> Consultado em 26/06/2020.
- Decreto-Lei n.º 118/2013, 2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 159 – 20 de Agosto de 2013.
- Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, 2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de dezembro de 2013.
- Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013, 2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de dezembro de 2013.
- Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, 2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de dezembro de 2013.
- DGEG, 2017. *Consumidores de energia elétrica por tipo em 2017*. Obtido de: <http://www.dgeg.gov.pt/?cn=6891700270717120AAAAAAAAA>. Consultado em 25-05-2020
- DGEG, 2018. *ENERGIA em Portugal 2016*. Pp 13.
- ECO.AP. *Programa da Eficiência Energética na Administração Pública*. Obtido de: <https://ecoap.pnaee.pt/ambito/> Consultado no dia 11 de julho de 2020.
- Figueira, J. 2019. *Avaliação dos Impactos da Integração de Energias Renováveis em Ambiente Urbano*. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Coimbra.
- Frade M. C. André, 2019. *AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade de Coimbra.
- Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana I.P., 2010. *Guia Prático da Habitação*. Pp 18-19.
- Marques S. S. António, 2010. *Análise económica dos sistemas de climatização e preparação de AQS utilizados nos edifícios residenciais*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra.

- Mendes F.S. Pedro, 2012. *Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a Eficiência Energética*. Trabalho de Mestrado, Universidade Fernando Pessoa. Pp 38.
- Mendes G.P. Vitor, 2011. *Quantificação do coeficiente de transmissão térmica de vãos envidraçados*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Pp 55-57.
- Monica M.E, M. Sandoval-Reyes, Carlos A.S., S.M. Vieira, J.M.C. Sousa, 2017. *Assessment of energy efficiency measures using multi-objective optimization in Portuguese households*.
- PNAEE, 2020. *PNAEE*. Obtido de PNAEE: <https://www.pnaee.pt/pnaee/#enquadramentopnaee> Consultado no dia 11 de julho de 2020.
- PNEC 2030, 2019. *PLANO NACIONAL ENERGIA-CLIMA*. Pp 43 & 11-12.
- PORDATA, 2015. *Alojamentos segundo os Censos: total e por tipo*. 26/06/2015. Obtido em: <https://www.pordata.pt/Municipios/Alojamentos+segundo+os+Censos+total+e+por+tipo-74> Consultado em 20/08/2020.
- PORDATA. *O que são NUTS?* Obtido de: <https://www.pordata.pt/O+que+sao+NUTS> Consultado em 14/10/2020.
- Pordata, 2020. *Emissões de gases por habitante*. Obtido de <https://www.pordata.pt/Portugal/Emiss%C3%B5es+de+gases+por+habitante-1256> Consultado em 20/08/2020.
- Portaria n.º 349-B/2013, 2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 232 – 29 de novembro de 2013.
- Portaria n.º 379-A/2015, 2015. Diário da República, 1.ª série – N.º 207 – 22 de outubro de 2015.
- Portugal Passivhaus, 2018. Obtido de: <http://www.passivhaus.pt/sobre?m=2> Consultado em 28/10/2020.
- Poupa Energia. *A IMPORTÂNCIA DA ETIQUETA ENERGÉTICA*.
- Poupa Energia, 2020a. *Máquina de lavar loiça*. Obtido de: <https://poupaenergia.pt/dicas/maquina-de-lavar-loiça/> Consultado em 14/08/2020.
- Poupa Energia, 2020b. *CLIMATIZAÇÃO: FAZER A MELHOR ESCOLHA*. Obtido de: <https://poupaenergia.pt/climatizacao-fazer-a-melhor-escolha> Consultado em: 14/08/2020.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 23/2013, 2013. Diário da República, 1.ª série -N.º 70 – 10 de abril de 2013. Pp 12 & pp 51.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, 2010. Diário da República, 1.ª série – N.º 73 – 15 de abril de 2010.

Rodrigues, C. B. P Maria, 2011. *Eficiência Energética no Setor Residencial*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra.

SCE, 2020. *Estatísticas da Certificação Energética dos Edifícios*. Obtido de: <https://www.sce.pt/estatisticas/> Consultado no dia 11 de julho de 2020.

Schleich J. 2019. *Energy efficient technology adoption in low-income households in the European Union – What is the evidence?*

Trotta, G. 2018. *Factores affecting energy-saving behaviours and energy efficiency investments in British households*.

União Europeia, 2020. *Rótulos energéticos*. Obtido de: [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/energy-labels/index\\_pt.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/energy-labels/index_pt.htm) Consultado em 31/07/2020.

Worten, 2020. Obtido de: <https://www.worten.pt/grandes-eletrdomesticos/frigorificos/frigorificos-combinados/frigorifico-combinado-becken-bc3901-wh-no-frost-185-cm-292-l-branco-6433265> Consultado em 14/08/2020.

## **ANEXO**

## ANEXO A – Questionário Enviado

08/10/2020

Eficiência Energética Residencial

### Eficiência Energética Residencial

Este inquérito realiza-se no âmbito de um projecto académico inserido no Mestrado em Engenharia Electrotécnica no ISEC e servirá como ferramenta de análise da Eficiência Energética Residencial, com base na análise de comportamentos e conhecimento individual mas também a caracterização das residências.

Os dados recolhidos são anónimos, sendo assegurada a sua confidencialidade e a utilização para fins exclusivamente académicos.

O inquérito tem a duração média de 3 minutos, tendo respostas breves do tipo escrito ou de selecção de uma ou várias opções.

Obrigado pela sua colaboração.

Tiago Rocha - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**\*Obrigatório**

1. 1. Idade \*

---

2. 2. Habilitações académicas \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Ensino Básico
- Ensino Secundário
- Ensino universitário
- Formação na área de energias

3. 3. Número de pessoas do agregado familiar \*

---

08/10/2020

Eficiência Energética Residencial

## 4. 4. Ordenado do agregado familiar por mês \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Até 1000€
- Entre 1001€ e 2000€
- Entre 2001€ e 5000€
- Superior a 5001€

## 5. 5. Nível de conhecimento sobre eficiência energética residencial \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Mau
- Suficiente
- Bom
- Muito bom
- Não sei o que é a eficiência energética residencial

## 6. 6. Quando compra um equipamento elétrico, dá importância apenas ao preço ou também verifica a etiqueta energética? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Apenas o preço
- Os dois
- Não sei o que é a etiqueta energética

<https://docs.google.com/forms/d/161Np43t0XcQt4HhwHl28K3OohLKVgTFZHasl1CpbSF4/edit>

2/7

08/10/2020

Eficiência Energética Residencial

## 7. 7. Qual o aspecto que o preocupa mais na eficiência energética: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Preocupação com alterações climáticas
- Questão financeira
- Conforto da habitação
- Não tenho preocupações com eficiência energética
- Outra: \_\_\_\_\_

## Caracterização da habitação

## 8. 8. Tipo de edifício da habitação \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Isolada
- Geminada ou em banda (duas ou mais habitações encostadas umas às outras)
- Prédio

## 9. 9. Orientação solar da habitação \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Má
- Intermédia
- Boa

## 10. 10. Conforto térmico da habitação \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Mau
- Intermédio
- Bom

08/10/2020

Eficiência Energética Residencial

## 11. 11. A sua residência possui isolamento térmico em que envolventes? \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Cobertura
- Paredes
- Pavimento
- Não sei

## 12. 12. Superfície envidraçada \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Vidro simples
- Vidro duplo
- Caixilharia em PVC
- Caixilharia em Alumínio ou madeira
- Não sei

Outra:  \_\_\_\_\_

## 13. 13. Forma de climatização \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Ar condicionado
- Caldeira a gás ou gasóleo
- Caldeira a biomassa
- Recuperador de calor ou salamandra
- Lareira convencional
- Equipamentos elétricos diversos
- Não sei

Outra:  \_\_\_\_\_<https://docs.google.com/forms/d/161Np43t0XcQt4HhwHl28K3OohLKVgTFZHasl1CpbSF4/edit>

4/7

08/10/2020

Eficiência Energética Residencial

## 14. 14. Forma de Água Quente Sanitária \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Esquentador
- Termoacumulador elétrico
- Caldeira a gás ou gasóleo
- Caldeira a biomassa
- Colectores solares
- Não sei

Outra:  \_\_\_\_\_

## 15. 15. Fonte de energia para confeção de alimentos \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Gás natural
- Gás de botija
- Eletricidade
- Biomassa
- Não sei

Outra:  \_\_\_\_\_

## 16. 16. Tipo de luminárias \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- LED
- Fluorescente
- Incandescente
- Não sei

Outra:  \_\_\_\_\_

## 17. 17. Custo médio da fatura energética por mês? (água, gás e eletricidade €) \*

\_\_\_\_\_

08/10/2020

Eficiência Energética Residencial

18. 18. Após a construção da habitação, que investimentos já efetuou para melhorar a eficiência energética da sua residência? \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Colocar lâmpadas LED
- Investir em eletrodomésticos com maior eficiência energética
- Instalação de colectores solares
- Janelas de vidro duplo
- Não melhorei a eficiência energética

Outra:  \_\_\_\_\_

19. 19. Em que área acha que pode melhorar a eficiência energética da habitação? \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Isolamento térmico
- Iluminação
- Eletrodomésticos energeticamente mais eficientes
- Considero que não tenho oportunidades de melhoria

Outra:  \_\_\_\_\_

20. 20. Qual o valor monetário que está disposto a investir? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- 100€
- 500€
- 1000€
- 2000€
- 4000€
- Superior a 4000€
- Não estou disposto a investir
- Outra: \_\_\_\_\_

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

<https://docs.google.com/forms/d/181Np43t0XcQt4HhvHl28K3OohLKVgTFZHasl1CpbSF4/edit>

6/7

